

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**COMPORTAMIENTO DE UN FULVATO DE CALCIO EN DOS
ESPECIES (*Lilium nashville* y *Lilium pollyanna*) EN LA CALIDAD DE
FLOR DE CORTE**

POR

ING. DIANA MARISOL ARREDONDO PASTRANA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

MAYO, 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**




TESIS

**COMPORTAMIENTO DE UN FULVATO DE CALCIO EN DOS ESPECIES
(*Lilium nashville* y *Lilium pollyanna*) EN LA CALIDAD DE FLOR DE CORTE**

**POR
ING. DIANA MARISOL ARREDONDO PASTRANA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

COMITÉ DE TESIS:



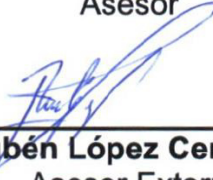
Dr. Ricardo López Aguillón
Director de Tesis



Dr. Horacio Villalón Mendoza
Asesor



Dr. Javier Jiménez Pérez
Asesor



Dr. Rubén López Cervantes
Asesor Externo

Agradecimientos

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme el apoyo económico para la realización de mis estudios de maestría.

Al personal docente y administrativo de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León por todas sus atenciones y por la oportunidad brindada para realizar mis estudios de maestría.

Al personal docente y administrativo del Departamento de suelos de la Universidad Agraria Antonio Narro por todas sus atenciones y por la oportunidad brindada para realizar mis estudios de maestría.

Al Dr. Ricardo López Aguillón, Dr. Horacio Villalón Mendoza y Dr. Rubén López Cervantes; por creer en mí, guiarme y transmitir sus conocimientos durante todo este proceso, por todo su tiempo invertido y compromiso hacia este proyecto.

A Jorge De León estudiante de suelos en la UAAQ y Santiago Medrano Lerma trabajador en el vivero de la Facultad de Ciencias Forestales perteneciente a la UANL, porque sin su noble ayuda el presente trabajo no hubiese sido posible.

Al Dr. Javier Jiménez Pérez y Dr. Antonio González por las asesorías que me brindaron y los materiales con los que me apoyaron para que el presente trabajo pudiera realizarse.

A todos mis compañeros en un principio y ahora amigos por compartir conmigo esta etapa, por hacerla amena e invaluable, gracias por todos los conocimientos que me compartieron, los recuerdos que me dejaron, la solidaridad que me mostraron y por aceptar de manera desinteresada mi amistad.

A los catedráticos de la Facultad, los cuales tocaron mi vida con cada una de sus clases al transmitirme la gama de conocimientos que llevan en su ser; porque con las armas que me concedieron para enfrentar mi vida futura espero en cada batalla posterior honrarlos.

Dedicatoria

A Dios, por ponerme en este camino que disfruto tanto y me hace sentir satisfecha, por darme la fe y la inspiración que necesitaba para avanzar y no renunciar; y por la vida mía y de todo lo que me rodea.

A tres almas sin cuerpo, a mi Tía Ana María Arredondo Ibarra, mi Abuelita Guadalupe Ibarra Luna y mi Tía María Elvira Arredondo Ibarra que me hicieron falta en esta etapa de mi vida, aunque no estuvieron físicamente a mi lado, ni el sonido de su voz adornó mi tiempo, su existencia estuvo en todo momento deleitando mi corazón.

A mis papás, Juan Manuel Arredondo Ibarra y Beatriz Eugenia Pastrana Jamez, por guiarme, aconsejarme, ser espectadores de mi vida; por las cátedras de la mañana durante el desayuno convertidos en discursos de automotivación para enfrentar cada nuevo día.

A mi esposo, Juan Carlos Flores. Villarreal, que con su comprensión y cariño ha sido una parte importante para lograr finequitar esta etapa de mi vida.

A mis hermanos y sobrinos, Marcela Sared Arredondo Pastrana, Arturo Aguilar Ochoa, Juan Manuel Arredondo Pastrana, Jorge Alejandro Arredondo Pastrana, Nidia Guerrero Rodríguez, por ser mis amigos, compañeros y aliados, por su apoyo y ser la sal y pimienta de mi vida; a mis sobrinos Vic y Sammy que son la alegría de mis días.

A mi abuelita, tíos, primos y sobrinos. Por su solidaridad y cariño incondicional.

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscrito, Diana Marisol Arredondo Pastrana, estudiante de la Maestría en Ciencias Forestales, con matrícula 1009715 y autor de la presente Tesis manifiesto que:

1. Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el “copiado y pegado” de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
5. Entiendo que la función y alcance de mi comité de Asesoría está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente tesis, así como del análisis e interpretación de mis resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionado al plagio académico a mi comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente mía.

Atentamente

Diana Marisol Arredondo Pastrana

Tesis para obtener el grado de MCF / UANL

Tabla de Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 GENEALOGÍA DEL SUELO Y SU CORRELACIÓN CON LA PLANTA.....	5
2.2 HUMUS	6
2.3 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS	8
2.4 ÁCIDOS FÚLVICOS	11
2.5 CALCIO	14
2.6 MAGNESIO	16
2.7 HIERRO	17
2.8 ETILENO	18
2.9 <i>LILIUM NASHVILLE</i>	20
2.10 <i>LILIUM POLLYANNA</i>	21
III. ANTECEDENTES	22
IV. HIPÓTESIS	25
V. EXPERIMENTO I UAAAN	26
5.1 OBJETIVOS.....	26
5.1.1 <i>Objetivo general</i>	26
5.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	26
5.2 ÁREA DE ESTUDIO.....	27
5.2.1 <i>Clima</i>	27
5.2.2 <i>Suelos</i>	28
5.2.3 <i>Vegetación</i>	29
5.3 MATERIALES Y MÉTODOS	31
5.3.1 <i>Metodología para la elaboración de ácidos fúlvicos</i>	31
5.3.2 <i>Metodología para la plantación y aplicación de los tratamientos</i>	31
5.3.3 <i>Metodología para el análisis de nutrientes</i>	32
5.3.4 <i>Análisis estadístico</i>	32
5.4 RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
5.4.1 <i>Determinación del comportamiento de diversas dosis de fulvato de calcio</i>	34
5.4.2 <i>Establecer la dosis óptima de un fulvato de calcio</i>	40
5.4.3 <i>Determinación y comparación de los niveles de contenido de nutrientes de Ca, Mg y Fe en cada tratamiento</i>	41
VI. EXPERIMENTO II UANL	45
6.1 OBJETIVOS.....	45

6.1.1 Objetivo general	45
6.1.2 Objetivos específicos.....	45
6.2 ÁREA DE ESTUDIO.....	46
6.2.1 Clima	46
6.2.2 Suelo	47
6.2.3 Vegetación	47
6.3 MATERIALES Y MÉTODOS	48
6.3.1 Metodología para la plantación y aplicación de los tratamientos.....	48
6.3.2 Análisis estadísticos.....	48
6.4 RESULTADOS Y DISCUSIONES	50
6.4.1 Determinación del comportamiento de diversas dosis de fulvato de calcio.....	50
6.4.2 Establecer la dosis óptima de un fulvato de calcio.	51
6.4.3 La comparación de los días en anaquel de la flor al momento del corte hasta su marchitez con los diversos tratamientos.	55
6.4.4 Comparación del contenido de nutrientes en cada tratamiento.....	56
VII. CONCLUSIONES	58
LITERATURA CITADA.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de humificación.	7
Figura 2 Estructura de ácido fúlvico propuesta por Buffle, 1977.	11
Figura 3 Proceso de generación de etileno en la planta. Va desde la metionina que al combinarse con el ACC sintasa forman el ACC que da origen al etileno (Abeles, et. al., 2012).	19
Figura 4 Rueda de biosíntesis de etileno o ciclo de Yang. AdoMet, S-adenosil-Lmetionina; ACC, ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico; MTA, 5'-metiladenosina; MTR, 5'-metiltioribose; MTR-1-P, 5'-metiltioribose-1-P; KMB, ácido α -ceto- γ -metiltiobutírico; Met, metionina, (Weber, 2010).	20
Figura 5 <i>Lilium nashville</i> , cultivada en el invernadero del departamento de suelos de la UAAAN.	20
Figura 6 <i>Lilium pollyanna</i> cultivada en el invernadero de la FCF perteneciente a la UANL.	21
Figura 7 Mapa que muestra el área donde se realizó el experimento I.	27
Figura 8 Cuadro de cajas del contenido de calcio de cada uno de los tratamientos en el experimento I.	35
Figura 9 Gráfico de líneas comparativas de las medias con respecto al contenido de calcio en cada tratamiento en el experimento I.	36
Figura 10 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto al grosor de tallo en el experimento I.	37
Figura 11 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a la longitud de tallo en el experimento I.	38
Figura 12 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto al número de botón floral en el experimento I.	39
Figura 13 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a la longitud del botón floral en el experimento I.	40
Figura 14 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto el contenido de hierro en el tejido vegetal del experimento I.	43
Figura 15 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto el contenido de magnesio en el tejido vegetal en el experimento I.	43
Figura 16 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto el contenido de Calcio en el tejido vegetal en el experimento I.	44
Figura 17 Mapa que muestra el área donde se realizó el experimento II.	46
Figura 18 Comparación de calcio en cada uno de los tratamientos del experimento II.	51
Figura 19 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto al grosor del tallo en el experimento II.	52
Figura 20 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a la longitud del tallo en el experimento II.	53

Figura 21 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto al número de botón floral en el experimento II.	54
Figura 22 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a la longitud del botón floral. Datos normalizados a la $(x-50)^2$ en el experimento II.	55
Figura 23 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a los días de exposición del anaquel en el experimento II.....	56
Figura 24 Contenido de nutrientes Ca, Mg y Fe en el tejido vegetal de cada uno de los tratamientos en el experimento II.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Intervalos usuales para la composición elemental de las sustancias húmicas. (Steelink, 1985); citado por Ramos - Ruíz, (2000).	9
Cuadro 2 Grupos funcionales contenidos en sustancias húmicas. Ramos – Ruíz, (2000).	10
Cuadro 3 Características y propiedades analíticas de los AF según Schnitzer (1969).	12
Cuadro 4 Resultados del experimento de Scicsor, <i>et. al.</i> (1994) en el porcentaje de germinación en placa Petri.	22
Cuadro 5 Efecto de fracciones de SH sobre respiración y niveles de clorofila en plantas de tomate. (Sladky, 1959).	24
Cuadro 6 Descripción de los tratamientos aplicados en el experimento I, dónde: F Ca: Fulvatos de calcio.	32
Cuadro 7 Análisis ANOVA de cada uno de los tratamientos obtenidos con respecto al calcio.	34
Cuadro 8 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al grosor del tallo en el experimento I.	37
Cuadro 9 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto a la longitud del tallo en el experimento I.	38
Cuadro 10 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al número de botones florales del experimento I.	38
Cuadro 11 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto a la longitud del botón floral del experimento I.	39
Cuadro 12 Consolidado de resultados de r^2 de cada tratamiento con respecto a las variables evaluadas en el experimento I.	41
Cuadro 13 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al contenido de hierro en el tejido vegetal del experimento I.	42
Cuadro 14 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al contenido de magnesio en el tejido vegetal del experimento I.	43
Cuadro 15 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al contenido de calcio en el tejido vegetal del experimento I.	44
Cuadro 16 Descripción de los tratamientos aplicados en el experimento II, dónde: F Ca: Fulvatos de calcio.	48
Cuadro 17 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al grosor del tallo en el experimento II.	52
Cuadro 18 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto a la longitud del tallo del experimento II.	52
Cuadro 19 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al número de botón floral del experimento II.	53

Cuadro 20 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto a la longitud del botón floral del experimento II.....	54
Cuadro 21 Resultados del análisis ANOVA de los tratamientos con respecto a los días de exposición del anaquel del experimento II.....	56

RESUMEN

La producción de dos especies del género *Lilium* spp. bajo diferentes condiciones para la evaluación de 6 y 7 diferentes dosis de fulvatos de calcio y su comparación con un testigo con el objetivo de mejorar su calidad como flor de corte e incrementar su competitividad ante mercados difíciles de competir por su corto tiempo de exposición.

El primer experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y se trabajó la especie *Lilium nashville*, se midió el grosor del tallo, la longitud del tallo, el número de botones florales y la longitud de los botones florales, se compararon con respecto a sus contenidos con calcio para observar con la correlación, además se tomaron muestras de tejido vegetal de cada uno de los contenedores para posteriormente con ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica VARIAN Spectr-AA5 medir el contenido en el tejido vegetal de calcio, magnesio y hierro; y así determinar la competencia que se celebró al momento de su absorción.

El segundo experimento se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Forestales, perteneciente a la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la especie que se trabajó fue el *Lilium pollyanna*, al igual que en el experimento anterior se midió el grosor del tallo, la longitud del tallo, el número de botones florales y la longitud de los botones florales; además de evaluar las concentraciones en el tejido vegetal de calcio, magnesio y hierro y hacer su comparación como en el experimento anterior; también se contaron los días transcurridos durante la exposición del anaquel para analizar las diferencias que existían entre los tratamientos y el testigo.

Los análisis se elaboraron usando el paquete estadístico R; las herramientas estadísticas que se utilizaron fueron ANOVA, Prueba de Tukey, correlaciones y MANOVA.

Palabras clave: Fulvatos de calcio, *Lilium pollyanna*, *Lilium nashville*, espectrofotómetro de absorción atómica, ANOVA, Prueba de Tukey y MANOVA.

ABSTRACT

Two different species of *Lilium* spp. were produced under different environment to be evaluated with 6 and 7 treatments of calcium fulvate dosages plus a witness and were compared between them with the main purpose of enhance its quality as cut flower and increase its competitiveness into markets cannot face due to the short time its shelf is exposed.

First experiment was made at Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) culturing the specie *Lilium nashville* and evaluating the performance of the diameter and length of the stem, the number of flower buds, and the length of bud flowers against each treatment and obtain the correlation between the calcium content; also the concentration of calcium, magnesium and iron for each container was measure with the help of an atomic absorption spectrophotometer VARIAN Spectr AA-5 per determinate the match between the elements when were absorbed by the plant.

Second experiment was made at Facultad de Ciencias Forestales, belong to the Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), the specie cultured was *Lilium pollyanna*, as well as the before experiment were measured the length and depth of the stem, the the number of flower buds, and the length of bud flowers; were taken samples of vegetal tissue of each treatment to obtain the contents of calcium, magnesium and iron and compare them with the before experiment; also were counted the days during the exposition shelf to analyze the differences of the treatments and witness.

Analysis was elaborated using the statistic package R; the statistic tools used were ANOVA, Tukey test, correlations and MANOVA.

Key words: Calcium fulvate, *Lilium pollyanna*, *Lilium nashville*, atomic absorption spectrophotometer, ANOVA, tukey test and MANOVA.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la tierra ha sido por siglos, uno de lo más nobles medios del hombre para subsistir, su dedicación y cuidado nos ha llevado a crear diferentes técnicas para la obtención de beneficios redituables para la humanidad; casi la mitad de la población mundial vive en áreas rurales y la mayoría de ellos viven de la agricultura; para muchos países, especialmente los de economía del tercer mundo, la agricultura puede ser un medio importante para su crecimiento socioeconómico. Aproximadamente tres cuartos del valor agregado de la agricultura mundial es generada en países en desarrollo y en muchos de ellos el sector de la agricultura contribuye el treinta por ciento de su PIB. (FAOSTAT, 2012).

La agricultura cubre casi el 40 % de la superficie de área terrestre, alrededor de 450 millones de personas en todo el mundo se dedican a esta labor y más del 60 % de los trabajadores agrícolas viven en situación de pobreza (FAO, 2007).

La gama de cultivos agrícolas es muy variada y sus investigaciones orientadas a rendimiento, calidad y supervivencia son inmensas; cada planta tiene sus propias necesidades y restricciones y a su vez cada una tiene su importancia; el comprender como estas ayudan en la supervivencia ambiental, cultural, social y económica nos ayudará en gran medida a conocer cómo podemos mejorar los cultivos para las generaciones futuras.

En México casi la cuarta parte de la población nacional viven de la agricultura existen numerosos municipios exclusivamente dedicados a esta labor, las actividades agrícolas más destacadas son horticultura, fruticultura, forestales, lombricultura, oleaginosos y ornamentales (SIAP, 2011); aunque el 73% del territorio está dedicado a prácticas agropecuarias y de conservación, México ocupa lugares muy bajos en exportación de productos debido a su falta de competitividad. Debido a que el desarrollo para su rendimiento y calidad no han sido explotados lo suficiente como para poder incrementar su capacidad (FAOSTAT, 2012).

La floricultura la cual es una disciplina de la horticultura ha tenido un auge relevante; las flores más vendidas en el mundo son las rosas, crisantemos, tulipanes, claveles y *Lilium* (Sotomayor, 2007); en México las rosas también ocupan el primer lugar en venta seguido de la gerbera, anturium, *Lilium* y tulipán respectivamente (SAGARPA, 2015); México ocupa el 5to lugar en áreas destinadas para esta labor, sin embargo en términos de rendimiento de producción no acapara alguno de los primeros 10 lugares; los países donde se producen más flores son Holanda, Japón e Italia; por otro lado los principales países exportadores de flores son Holanda, Colombia y Ecuador, mientras que los importadores son Alemania, Reino Unido y Estados Unidos de Norte América (EUA) (SAGARPA, 2008).

En el caso de nuestro país esta actividad tiene un gran potencial gracias a las favorables condiciones climáticas de algunas regiones para su desarrollo y la cercanía con Estados Unidos el segundo consumidor a nivel mundial, entre las flores de corta antes mencionadas se encuentra el *Lilium* que se distingue por sus altos costos en el mercado debido a la exportación del material vegetativo y sus tiempos de anaquel cortos (SAGARPA, 2008).

El *Lilium* es consumido con fines estéticos; una vez que la flor ha sido cosechada su tiempo de calidad de exposición es relativamente corto, dependiendo de las condiciones climáticas a las que está expuesta, esto se vuelve un desafío logístico entre los productores, vendedores y el consumidor final.

Además del alargamiento de anaquel y el rendimiento de la producción, las flores de corta deben cumplir con ciertas características para ser consideradas de primera clase y su valor comercial pueda ascender, las pautas de calidad que son consideradas para tales efectos son: el largo del tallo, el grosor del tallo, el número de botones florales por tallo, el largo de los botones florales y tiempo de vida de anaquel del producto.

Debido a estas restricciones la exportación de *Lilium* no se ha visto beneficiada por los agricultores.

Los desafíos son grandes pues a pesar de destinar recursos nacionales como es el caso de PROCAMPO¹, contar con diversos tratados internacionales de comercialización tales como el TLC² y el Tratado de libre comercio México AELC³ y ciertas ventajas competitivas de clima y cercanía a EUA; el rendimiento en la producción de *Lilium*, el alargamiento del anaquel de la flor y las pautas de calidad marcadas por el mercado internacional son factores que se deben de tratar para producir una flor competitiva ante mercados internacionales y demandantes.

Para cumplir con estos propósitos la agroindustria ha desarrollado diversos tipos de fertilizantes que tienen un efecto positivo en el desarrollo de la planta pero también consecuencias en su fisiología que contrarrestan los objetivos de alargamiento del anaquel.

La senescencia de la flor se acelera debido a que una vez cortada la flor se incrementa la tasa de producción de etileno que la planta genera (de La Riva Morales, 2011). Está desintegración influye en el tiempo de vida de anaquel en el producto, el cual es una de las restricciones más notables a la hora de comercializar el producto.

Diversos investigadores afirman que algunas poliaminas, diaminas como espermina y putrescina y los iones de calcio son efectivos antagonistas en el proceso de segregación de etileno en las plantas (Altman, 1982; Ferguson, *et. al.*, 1983; Roberts & Tucker, 1985).

¹ PROCAMPO, inició operaciones en 1993 y consiste en apoyar a los productores doméstico de cultivos mediante la implementación de la transferencia directa de ingresos a la gente de zonas rurales que poseen tierras para cultivar y cosechar productos (Prina, 2013).

² TLC (Tratado de libre comercio de América del norte) es un tratado efectuado entre los países de América del Norte; Canadá, EUA y México celebrado el 1ero de enero de 1994, cuyo principal objetivo era eliminar obstáculos entre el comercio y facilitar la comercialización transfronteriza de bienes y servicios entre los territorios de las partes (TLC de América del Norte, 2016).

³ AELC (Tratado de libre comercio México – AELC) el cual se llevó a cabo el 27 de noviembre del 2000 y consistía en el Tratado de Libre Comercio entre los Estados Unidos Mexicanos y Los Estados de la Asociación Europea de Libre Comercio (DOF, 2001).

Existen diferentes métodos para la aplicación directa de alguna sustancia a la planta, entre ellos se encuentran las Sustancias Húmicas (SH) como un recurso disponible en el ambiente que puede ser extraído mediante métodos simples, ya que actúan como almacenes que transportan agentes para las especies que los absorben a través del suelo o del agua (Wandruzka, 2000).

Además aseguran la protección de muchas funciones tóxicas en el ecosistema al unir e inactivar pesticidas, herbicidas, metales pesados, hidrocarburos policíclicos y otros contaminantes (Trubetskoi & Trubetskaya, 2011).

Las SH se dividen en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, no están claramente definidas; su principal caracterización es por la solubilidad en la solución acuosa.

Las huminas sirven como un efectivo fertilizante en el suelo debido al sistema de intercambio de cationes que logran (Pettit, 2004), los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos se pueden combinar con sales para convertirse en potentes fertilizantes, cuando esto sucede se les llama humatos y fulvatos.

Csicsor, *et. al.*, (1994) citado de (Gonzáles - Chavéz, 2013), sostiene que los ácidos húmicos mezclados con nutrimentos, tienen un efecto óptimo; mientras que los ácidos fúlvicos estimulan y equilibran las células, creando condiciones óptimas de crecimiento y replicación (Poapst y Schnitzer, 1971; Husein, *et. al.*, 2015). Además de mejorar la permeabilidad de las membranas celulares (Christman & Gjessing, 1983; Husein, *et. al.*, 2015).

El siguiente proyecto está orientado a evaluar los efectos del calcio en el *Lilium*, aplicando diversas concentraciones de fulvatos de calcio; nos enfocaremos a dos especies por ser las de mayor disponibilidad en el mercado: el *Lilium nashville* y el *Lilium pollyanna*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Genealogía del suelo y su correlación con la planta.

En el inicio de la ciencia, en particular de la génesis de suelo, los antiguos pensadores consideraban que el suelo tenía relación con la nutrición de las plantas. Bernard Palissy publicó en 1563, *De las varias sales en la agricultura*, el primer trabajo que consideraba al suelo como fuente de los nutrientes minerales de las plantas. En 1629 Van Hemont, sostuvo que la nutrición de las plantas se efectuaba únicamente por el agua. A principios del siglo XIX, A. Thaer sugirió que las plantas asimilaban directamente la materia orgánica en descomposición. En 1845 Justus von Liebig publicó *Química aplicada a la agricultura y la fisiología*, en donde reafirmó que las plantas asimilaban nutrientes minerales del suelo y propuso el uso de fertilizantes minerales en la agricultura. (Buol *et. al.*, 2000).

De los trabajos previamente mencionados, se destaca que a pesar que los autores se contradijeron en sus investigaciones y sus teorías en apariencia parecían opuestas, ahora se sabe que cada uno de ellos tenía razón y que el proceso de nutrición de la planta liga a cada una de estas teorías para formar el proceso de desarrollo de la misma.

Ahora conocemos que a través de la planta, el agua y los materiales disueltos en ella se desplazan por vías de transporte especiales: El agua pasa por el suelo a través de raíces, tallos y hojas hasta la atmósfera; y sales y moléculas orgánicas que circulan en muchas direcciones en el interior de la planta. Miles de distintas clases de reacciones químicas se realizan continuamente en toda célula viva, transformando agua, sales minerales y gases del ambiente en tejidos y órganos del vegetal (Salisbury & Ross, *et. al.*, 1994). Desde el momento de la concepción, cuando una nueva planta comienza su vida como cigoto, hasta su muerte, los procesos organizados del desarrollo hacen crecer a la planta, incrementando su complejidad e iniciando cambios cualitativos en su crecimiento como la formación de flores en una época del año y en el desprendimiento de las hojas en otra.

Williams (1863-1839) desarrolló el concepto de génesis del suelo, más como un proceso esencialmente biológico que geológico. Insistió en la fitociclización (extracción de nutrientes del suelo por las plantas y su retorno a la superficie por medio de las hojas. El mantillo y los residuos de raíces muertas) explican el aumento progresivo de la fertilización del suelo y que la síntesis del suelo se efectúa mejor en praderas. Muller (1878) (citado de Buol, *et. al.*, 2000), escribió una monografía sobre el humus del suelo, dilucidando el carácter biológico de la génesis de suelos forestales. En 1912, se introdujo el concepto de intercambio catiónico en suelos.

2.2 Humus

El humus es definido como una variable compleja de contenido de componentes de carbón no reconocidos bajo el microscopio debido a que poseen una organización celular en forma de restos de plantas y animales. Es separado de las sustancias húmicas (SNH) como carbohidratos, grasas, ceras, resinas, alcanos, pectinas, aminoácidos, proteínas, lípidos, y ácidos orgánicos por el hecho de que distintas fórmulas químicas pueden ser escritas para esas sustancias. La mayoría de las pequeñas moléculas de SNH son rápidamente degradadas por microorganismos en el suelo. En contraste el suelo húmico es lento al descomponerse (degradarse) bajo condiciones naturales. Cuando en los suelos minerales en combinación con los suelos húmicos pueden persistir por miles de años. Siendo el humus el mayor componente de materia orgánica en el suelo con un contenido del 65% al 75% del total. Por lo que el humus asume un importante rol como componente fertilizante de todos los suelos. (Pettit, 2004).

La formación del humus en el suelo es un proceso de translocación dentro del cuerpo del suelo, sucede en el mismo proceso que las camadas, la paludización, la maduración y la mineralización; y consiste en la transformación de la materia orgánica en humus. (Buol *et. al.*, 2000).

La descomposición de la materia orgánica es un largo proceso biológico que ocurre naturalmente. Su velocidad es determinada por tres principales factores: los organismos del suelo, el medio ambiente físico y su calidad (Brussaard, 1994). En el

proceso de descomposición, diferentes productos son liberados: bióxido de carbono (CO_2), energía, agua, nutrientes de plantas y componentes de carbón orgánico sintetizados. Descomposiciones sucesivas de material muerto y materia orgánica modificada resulta en una formación de materia orgánica compleja llamada humus (Juma, 1998). Este proceso es llamado humificación (figura 1).

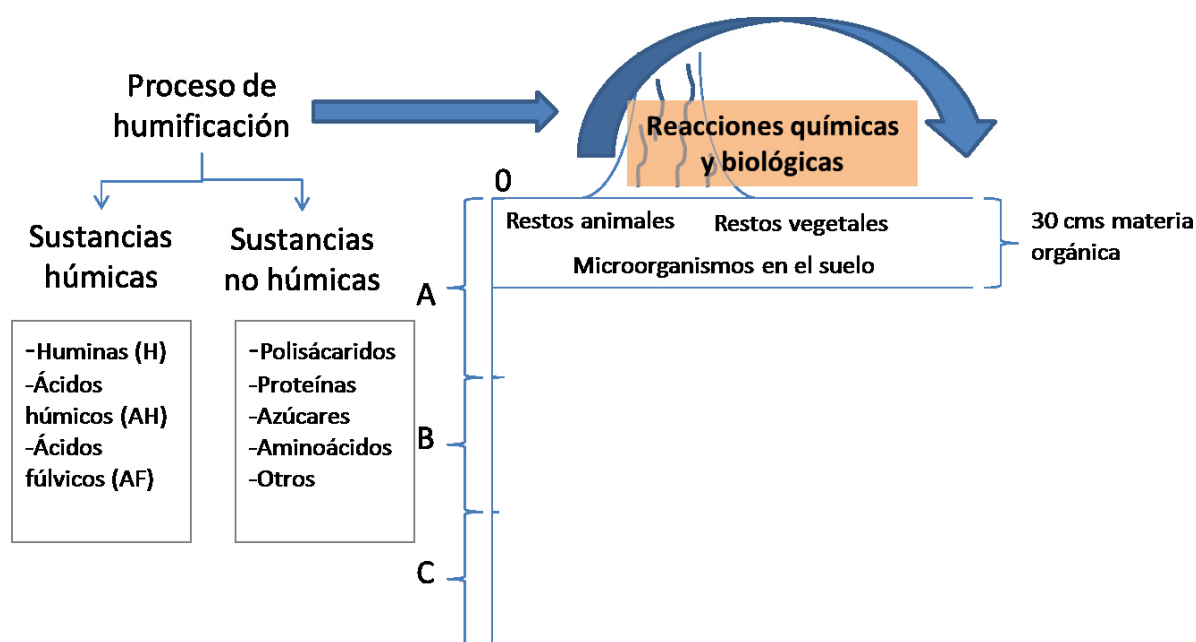


Figura 1 Proceso de humificación. Consiste en los primeros 30 cm de suelo compuestos por materia orgánica que pasa por reacciones químicas y biológicas para convertirse en sustancias húmicas y no húmicas.

Entre un 60 % a 90 % de la materia orgánica está constituido de humus; el cual a su vez está dividido en sustancias húmicas y no húmicas; estas se encuentran asociadas, mediante uniones de carácter débil como pueden ser puentes de hidrógeno, fuerzas de Van Der Waal, etc. (Stevenson, 1994).

Las sustancias no húmicas son productos de descomposición química definida y de alto peso molecular, tales como: polisácaridos, proteínas, azúcares, aminoácidos y otras pequeñas moléculas. (Stevenson, 1994).

Debido a la complejidad intrínseca de estos materiales y a la variabilidad de factores que intervienen en su formación previamente mencionados, hace que el estudio de las

estructuras químicas que conforman las sustancias húmicas y sus efectos sobre las plantas sea realmente complicado. Por consiguiente, la incapacidad de definir las sustancias húmicas en términos químicos específicos nos fuerza a usar definiciones imprecisas, en base únicamente a las características observadas en los procesos de su fraccionamiento. (Ramos - Ruiz; 2000).

Las sustancias húmicas se dividen en ácidos húmicos, fúlvicos y huminas; Aiken *et. al.*, (1985) las distingue entre técnicas de extracción, mientras que Cuesta (1994) hace una distinción entre sus propiedades, por lo que si se conjuntan ambas características, se define que:

- **Ácidos húmicos:** es la fracción del suelo sedimentado insoluble de agua en condiciones ácidas ($\text{pH} < 2$) pero soluble a valores mayores de pH con un peso molecular, concentración en carbono y contenido de nitrógeno mayor que los ácidos fúlvicos y menor que las huminas; en contenido de oxígeno, acidez y contenido de nitrógeno es mayor que las huminas y menor que los ácidos fúlvicos.
- **Ácidos fúlvicos:** es la fracción soluble en agua en todo el intervalo de pH al que se somete el suelo sedimentado; con peso molecular, concentraciones de carbono y contenido de nitrógeno mayor que las huminas y los ácidos húmicos y su acidez, contenidos de oxígeno y nitrógeno menores.
- **Huminas:** es la fracción insoluble a cualquier valor de pH con el mayor peso molecular, concentraciones de carbono y contenido de nitrógeno y mayor contenido de oxígeno, nitrógeno y acidez.

2.3 Composición y estructura de las sustancias húmicas

Los análisis elementales de las sustancias húmicas muestran que, en general, el 98 - 100 % de sus elementos (libres de cenizas) son C, H, O, N, S y P. En el cuadro 1 se muestran los porcentajes de cada elemento contenidos en la sustancia, según la sustancia húmica correspondiente (Ramos - Ruíz, 2000). Su reactividad y por tanto, sus efectos sobre el suelo y las plantas están estrechamente relacionados con el tipo y concentración de grupos funcionales de las mismas ver cuadro 2. La mayor parte son

de tipo oxigenados: carboxilos, alcoholes, hidroxilos fenólicos y carbonilos. Además la presencia de grupos nitrogenados está ampliamente demostrada (Varanini & Pinton, 1995). Aunque también se puede encontrar éteres, hidroxiquinonas, lactonas, etc. (Stevenson, 1994).

La mayoría de los datos obtenidos para determinar cómo están constituidas las sustancias húmicas indican que estos están formados, en gran medida, por anillos aromáticos unidos entre sí y a otras estructuras de carácter alifático. Estas unidades formarían el esqueleto central o núcleo de las sustancias húmicas (Varanini & Pinton, 1995). La unión desordenada de estas estructuras genera la formación de complejas macromoléculas, cuyas dimensiones pueden variar desde unos pocos cientos a varios miles de para los ácidos fúlvicos (Linehan, 1977) y hasta varios cientos de miles para los ácidos húmicos (Swift & Posner, 1971).

Cuadro 1 Intervalos usuales para la composición elemental de las sustancias húmicas. (Steelink, 1985); citado por Ramos - Ruíz, (2000).

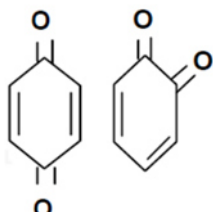
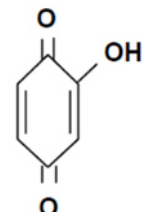
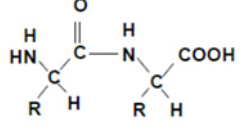
Elemento	Ácidos húmicos (%)	Ácidos fúlvicos (%)
Carbono	53, 8-58, 7	40,7-50,6
Oxígeno	32, 8-38, 3	39,7-49,8
Hidrógeno	3, 2-6, 2	3,8-7,0
Nitrógeno	0, 8-4, 3	0,9-3,3
Azufre	0, 1-1, 5	0,1-3,6

Ghosh & Schnitzer, (1980) aseguran que en los valores de pH habituales en los suelos de cultivo, las sustancias húmicas, se encuentran en forma de polianiones tridimensionales con una forma entre esférica y elíptica “sponge-like structure” figura 2, (Schulten, 1994); unidos a ese núcleo central se encontrarían las sustancias no húmicas.

El estímulo mostrado en la absorción iónica por tratamientos húmicos ha provocado que muchos investigadores propongan que estos productos afectan a la permeabilidad de las membranas debido a sus propiedades surfactantes (Vaughan *et. al.*, 1971; 1976; Ramos – Ruíz, 2000). Ya en la primera mitad de siglo, Prozorovskaya (1936) (citado de Ramos Ruíz, 2000) demostró que la exoósmosis de azúcares a través de algunas raíces se veía incrementada por la presencia de ácidos húmicos, y concluyó que los

ácidos húmicos aumentan la permeabilidad de las membranas con el consiguiente incremento en la absorción de nutrientes.

Cuadro 2 Grupos funcionales contenidos en sustancias húmicas. Ramos – Ruíz, (2000).

Nombre	Fórmula química	Nombre	Formula química
Amino	-NH ₂	Carbonilo insaturado	-CH=CH-CHO
Amina	R-CH ₂ -NH ₂	Anhídrido	R-CO-O-CO-R'
Amida	R-CO-NH ₂	Imina	R-CHNH
Alcohol	R-CH ₂ -OH	Imino	=NH
Aldehído	R-CHO	Éter	R-CH ₂ -O-CH ₂ -R'
Carboxilo	R-COOH	Éster	R-COOR'
Carboxilato	R-COO ⁻	Quinona	
Enol	R-CH=CH-OH	Hidroxiquinona	
Cetona	R-CO-R'	Péptido	
Ceto-ácido	R-CO-COOH		

El modo de acción de las sustancias húmicas sobre las membranas no está definido, aunque está probablemente relacionado con la actividad superficial de las mismas (Chen & Schnitzer, 1978). Actividad resultante de la presencia de "zonas moleculares" de carácter hidrofóbico y otras de carácter hidrofílico. De esta manera las sustancias húmicas pueden interaccionar con los fosfolípidos de membrana y actuar como transportadores de nutrientes al medio celular. Otro posible modo de acción sobre la permeabilidad de las membranas es mediante una acción metabólica, desacoplando la fosforilación oxidativa en las propias membranas (Glass, 1975). Slesak & Jurek, (1988) mostraron que las aplicaciones de ácidos húmicos afectaban a la actividad H⁺-ATPasa de raíces de trigo.

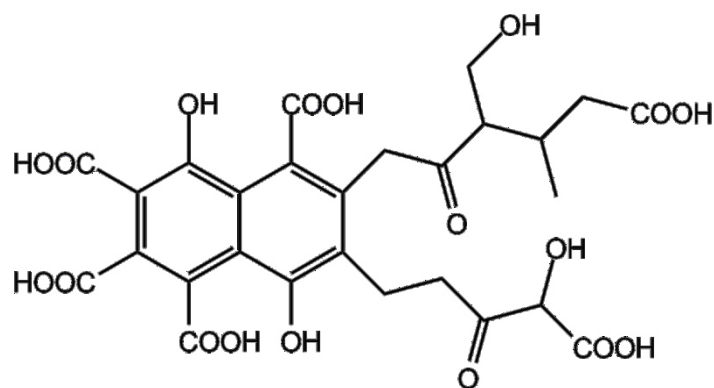


Figura 2 Estructura de ácido fúlvico propuesta por Buffle, 1977.

Cadahía (1997), atribuyó algunas ventajas al utilizar sustancias húmicas que consistían en el mejoramiento de la estructura del suelo, aumentando su capacidad de retención de agua; evitaban la retención de los cationes del suelo desbloqueándolos; fijación de fertilizantes, disminuyendo las pérdidas por lixiviación; activación de la flora microbiana; estimulación de la germinación; favorecimiento en el desarrollo del sistema radicular y facilitación en la absorción de nutrientes al aumentar la permeabilidad celular.

2.4 Ácidos fúlvicos

Los ácidos fúlvicos (AF) son la sustancia más prominente en la materia orgánica, contienen una considerable contenido de componentes de nitrógeno y carbohidratos (Schnitzer, 1969).

Altamente oxidados, biológicamente estables, solubles en el agua, que funciona naturalmente como un agente complejante soluble que genera uniones de iones metálicos divalentes y trivalentes y de metal hidroxilado y que interactúa con minerales de arcilla.

Schnitzaer (1969) afirma que los ácidos fúlvicos son resistentes a la degradación biológica debido a su datación por radiocarbono

Schnitzer (1969) identifico algunas propiedades de los AF ver cuadro 3, de las cuales destacan las siguientes:

Cuadro 3 Características y propiedades analíticas de los ácidos fúlvicos según Schnitzer (1969).

Composición elemental (base seca libre de cenizas)	
C	50.9 %
H	3.35 %
N	0.75 %
S	0.25 %
O (por diferencia)	44.75 %
Contenido de oxígeno en grupos funcionales (meq/g⁴ muestra de seca libre de cenizas)	
Acidez total	12.4
Grupos carboxilos	9.1
Total grupos hidroxilos	6.9
Hidroxilos fenoles	3.3
Alcoholes hidroxilos	3.6
Carbonilos	3.1
Peso molecular promedio	670
Formula molecular	C ₂₀ H ₁₂ (COOH) ₆ (OH) ₅ (CO) ₂
Solubilidad	100 % en agua, 90 % en metanol, 60 % en acetona, insoluble en benceno, cloroformo y cloruro de carbono.
Aromaticidad	61 % de C nuclear
Propiedades físicas	Inactivo ópticamente d(20*)=1.61 g/cm ³ Fechado por la edad del hidrocarbano 600 ± 50 años
Espectro UV (en etanol)	Max a 215 mμ (log ε = 4.61) desnivel a 260mμ (log e-4.45)
Espectro infrarrojo (cm ⁻¹) (KBr bola)	3,380 (fuerte enlace de hidrógeno OH), 2910 desnivel alifático C-H), 1720 (fuerte C=O de COOH), 1620 (fuerte enlace aromático (C=C), enlace de hidrógeno C=O de carbonilo, COO-), 1460 (medio, C-H deformación) 1200 (medio COOH).

Canellas, *et. al.* (2015) Los define como asociaciones de pequeñas moléculas hidrófilas en las cuales ha suficientes grupos funcionales ácidos para mantener los grupos fúlvicos dispersos en la solución a cualquier pH.

Los AF aceleran la división celular así estimulan el crecimiento y desarrollo vegetal e incrementan la energía celular y regulan el metabolismo de la planta para prevenir que los compuestos de nitrato se acumulen en las plantas e incrementen la resistencia de los insectos y enfermedades mediante el fomento a la tolerancia a temperaturas extremas como el calor o las heladas y muchos otros factores físicos (Jackson, 1993; Husein, *et. al.*, 2015).

⁴ Milímetros de peso equivalente sobre gramo.

Debido a que los AF están presentes en todos los suelos, es común que afecte profundamente el suministro y disponibilidad de nutrientes a las raíces de la planta y a los sistemas biológicos. En adición puede ejercer efectos más directos dentro de la planta influenciando su metabolismo (Schnitzer, 1969).

La presencia de numerosas sustancias de grupos funcionales de contenidos de oxígeno en los AF sugieren que esos grupos podrían al menos en parte, ser responsables por las propiedades de iniciación de las raíces, por medio de reacciones similares a las que ocurren en el suelo (Schnitzer, 1969). Mediante la administración de AF en los cuales diferentes grupos funcionales fueron bloqueados selectivamente, fue notado que grupos de COOH y fenoles OH estuvieron envueltos simultáneamente en reacciones importantes para incrementar la iniciación de raíces.

Bethke, *et. al.* (1987) (citado de Husein, *et. al.*, 2015) reportó que los AF ayudan a la planta a absorber otros minerales; debido a que los quelatos y decenas de enlaces de minerales en los AF se encuentran biodisponibles dentro de las células. Este rastro de minerales sirve como catalizadores para vitaminas dentro de la célula.

Los AF es una de las sustancias más eficientes para transportar vitaminas dentro de la célula (Poapst and Schnitzer 1971; Williams 1977; Christman and Gjessing 1983; Cacco & Dell Agnolla, 1984; Russo & Berlyn, 1990; Jackson, 1993 and Fahramand *et al.*, 2014; Husein, *et. al.*, 2015).

Los AF estimulan y balancean las células, creando un óptimo crecimiento y con óptimas condiciones de replicación (Poapst & Schnitzer, 1971; Husein, *et. al.*, 2015). Mejora la permeabilidad de la membranas de las células (Christmas & Gjessing, 1983; Husein, *et. al.*, 2015).

Existen investigaciones que revelan que las plantas tratadas con AF tienen efectos benéficos en raíces y brotes (McCarly, 1985; Husein, *et. al.*, 2015) de tomate (Khang, 2011; Husein, *et. al.*, 2015), de arroz y rábanos. Los AF son particularmente preferidos por que permiten disminuir el estrés en la planta, ayuda a absorber otros minerales y

contribuye positivamente a la producción y la calidad (Bethke, *et. al.*, 1987, Husein, *et. al.*, 2015).

2.5 Calcio

El calcio es un elemento químico de símbolo Ca y número atómico 20, su masa atómica es 40.078, es el quinto elemento más abundante en la corteza terrestre.

En el suelo y en las plantas, se encuentra en forma de catión divalente Ca^{2+} , prevalecen en suelos áridos por sobre los suelos húmedos debido a su capacidad de intercambio catiónico bajo. La concentración de absorción de los iones de calcio disponible en el suelo es mucho más favorecedora que cualquier otro elemento disponible debido a los puntos de intercambio catiónico que es consecuencia del tamaño del ion Ca^{2+} hidratado muy pequeño en relación con su carga 2+; llegando a su punto máximo en el humus (Naylor & Overstreet, 1969; Thompson & Troeh, 1988).

El calcio es un componente estructural de la pared celular, en consecuencia, las raíces de las plantas no penetran en las capas de suelo carentes de calcio, aunque las restantes condiciones sean favorables para su crecimiento, y aunque se encuentre calcio disponible en otras capas (Wadleigh, 1957; Thompson & Troeh, 1988); por lo que la deficiencia de calcio impide a la planta la exploración de nuevos espacios de suelo para obtener agua y nutrientes; esto a su vez produce o agrava otras deficiencias nutritivas.

En la planta las partes más susceptibles a presentar deficiencias de calcio son las zonas merismáticas de raíces, tallos y hojas, en donde hay divisiones celulares, debido a que se requiere de este elemento para formar una nueva lámina media en la placa celular que surge entre las células hijas. Además es esencial para las funciones normales de la membrana en todas las células, probablemente como un enlazador de fosfolípidos, entre sí o a proteínas de membrana.

Las mayores concentraciones de calcio que la planta absorbe se encuentran en vacuolas y unidos en las paredes celulares a pectatos (Kinzel, 1989; Salisbury & Ross, 1994).

Las vacuolas funcionan como un almacén de donde aguarda el Ca^{2+} , sin embargo también están presentes en pequeñas cantidades en la membrana plasmática, el tonoplasto, retícula endoplasmática

El rango de las acciones regulatorias de Ca^{2+} para el control del transporte del ion al gen de expresión son posiblemente por el sistema homeostático que regula los niveles de Ca^{2+} . El sistema homeostático probablemente refleja una necesidad bioquímica de mantener bajos niveles de Ca^{2+} en un ambiente rico en fosfatos en el citosol (Bush, 1995).

Todos los organismos mantienen concentraciones bajas de Ca^{2+} libre en el citosol, estos gradientes de $\text{Ca}^{2+}_{\text{cyt}}$ (Ca^{2+} en citoplasma) son importantes para la función celular normal, no solamente durante la señal de transducción de eventos, sino también para la regulación de procesos metabólicos en marcha en el citoplasma y organelos. Incluso cuando los gradientes son relativamente estables, son establecidos por un dinámico balance entre afluencia y eflujo de Ca^{2+} a través de cada una de las membranas celulares.

La retícula endoplasmática al igual que la vacuola se cree que tiene la función de almacenar Ca^{2+} , muchas líneas de investigación sugieren que elevados niveles de Ca^{2+} existen en el lumen (Bush, 1995).

La homeostasis celular del Ca^{2+} es mantenida por un conjunto de Ca^{2+} que transporta proteínas. Funcionalmente esos transportadores caen en 2 clases: los que median el flujo desde el citoplasma y los que median la afluencia.

Los más importantes transportadores que regulan el Ca^{2+} celular son aquellos que tienen gran afinidad por el Ca^{2+} , como es el caso del ATPasa y el $\text{Ca}^{2+}_{\text{cyt}}$.

Un número de estímulos que alteran Ca^{2+} incluyen auxinas, ABA, GA y elicitores, parecen tener receptores en la membrana plasmática que requieren extracelular Ca^{2+} para acoplamiento estímulo-respuesta.

En la formación de la pared celular, la disgregación de microtúbulos se ve favorecida por altas concentraciones de Ca^{2+} , bajas temperaturas y alta presión hidrostática; posteriormente el etileno provoca que los microtúbulos se orienten más longitudinalmente, seguido por las microfibrillas lo cual hace que la célula se expanda, las microfibrillas contenidas se van separando para formar ángulos rectos con respecto a la dirección en que la pared celular se va formando a partir de pectinas contenidas en microtúbulos que tienen una interacción electrostática con Ca^{2+} (Salisbury & Ross, 1994), esto provoca un engrosamiento en la pared celular.

2.6 Magnesio

El magnesio es el elemento químico de símbolo Mg y número atómico 12, con una masa atómica de 24.305 u, es el séptimo elemento más abundante en la corteza terrestre al igual que el calcio se encuentra en la planta en forma de catión divalente Mg^{2+} .

Como consecuencia su deficiencia en la planta es el origen de la clorosis que se va manifestando primero en las hojas inferiores, por una pérdida de color que avanza desde el ápice y márgenes de la hoja hacia el centro de la misma; sin embargo su deficiencia no es un limitante para el crecimiento vegetal (Salisbury & Ross, 1994).

La mayor parte de magnesio presente en las plantas se encuentra en la clorofila y en las semillas; es un elemento estructural ya que la molécula de la clorofila contiene un ion de magnesio en su núcleo.

También actúa como un activador enzimático al combinarse con el ATP (Trifosfato de adenosina) y otras enzimas necesarias en fotosíntesis, respiración y formación de DNA y RNA.

El ATP cede su energía cuando su fosfato terminal se hidroliza para liberar ADP y fosfato inorgánico; esta reacción es catalizada por una enzima que se encuentra en todas las membranas de células vivas que se conoce como ATPasa (ATP fosfohidrolasa, de esta forma cada molécula de ATP y ADP se quela con Mg^{2+} ;

provocando bombear Ca^{2+} fuera del citosol y H^+ dentro al mismo tiempo ya sea afuera de la célula vía membrana plasmática o hacía el interior de la vacuola vía tonoplasto.

Existe otra bomba de calcio en la membrana plasmática de algunas especies (Gräf & Weiler, 1989; Kasai & Muto, 1990; Salisbury & Ross, 1994). A esta se le denomina $(\text{Ca} + \text{Mg}) - \text{ATPasa}$ porque depende de un quelato de Mg^{2+} y ATP para movilizar Ca^{2+} y no introduce H^+ de la misma manera que extrae Ca^{2+} , y es probable que dependa de la calmodulina para efectuar su actividad (Salisbury & Ross, 1994).

2.7 Hierro

El hierro ó fierro es un elemento químico de símbolo Fe, número atómico 26 y masa atómica de 55.6 u, es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre.

Los quelatos de Fe están usualmente presentes en espodosoles y andosoles, tienen una alta movilidad y esta es la razón del porque la formación de espodosoles y andosoles. Debido al grado de saturación de complejo con metales y también a los diferentes tipos de ligamentos orgánicos. En espodosoles, los ligamentos orgánicos son por lo general ácidos fúlvico, en cambio en molisoles y andosoles son principalmente ácidos húmicos (Tan, 2011).

En las plantas se presentan como iones Fe^{2+} y Fe^{3+} su deficiencia se caracteriza por desarrollar una clorosis intervenal pronunciada, similar a la causada por la deficiencia del magnesio, pero ésta a diferencia, se presenta en las hojas más jóvenes se van poniendo completamente amarillas o incluso blancas, con lesiones necróticas debido a que algunas de las enzimas que catalizan reacciones de la síntesis de clorofila requieren de Fe^{2+} .

Por lo general se almacena en los cloroplastos en forma de hierro – proteína denominado fitorerritina (Seckback, 1982; Salisbury & Ross, 1994).

El hierro es esencial debido a que forma parte de ciertas enzimas y numerosas proteínas que acarrean electrones durante la fotosíntesis y la respiración. Actúa como portador de electrones en las proteínas (Salisbury & Ross, 1994).

Es insoluble en soluciones nutritivas si se suministra como sales inorgánicas comunes, esta solubilidad es muy marcada si el pH es mayor de 5; en estas condiciones los micronutrientes catiónicos reaccionan con iones hidroxilo hasta que se forma un precipitado de óxido metálico hidratado insoluble.

En suelos calcáreos la deficiencia del hierro es un problema muy difundido.

Hay dos ligandos que mantienen disueltos este metal en los suelos y a las causas de que en ocasiones no lo hagan (Salisbury & Ross, 1994):

- Los ligamentos sintetizados por microorganismos
- Los que se sintetizan en las raíces

Representa un sistema (o estrategia) de defensa contra la deficiencia de hierro

Una de las estrategias de la planta puede ser la segregación de etileno, pues se sabe que las plantas deficientes de hierro producen cinco veces más etileno que las no deficientes (Jankiewicz & Urbanczyk, 2003).

2.8 Etileno

El etileno es un gas volátil insaturado de dos carbonos (C_2H_4) que la planta genera en forma de hormona para regular su crecimiento (Abeles, *et. al.*, 2012).

Es un compuesto simétrico de dos carbonos con un enlace doble y un peso molecular de 28.05. Se congela a los $-181\text{ }^{\circ}\text{C}$, se derrite a los $-169.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y hierve a los $-103.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, es inflamable e incoloro, su relativa densidad en el aire es de 0.978, y tiene un dulce olor semejante al éter. Su volumen específico es de 861.5 ml/g a los $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ lo mismo que el nitrógeno, su coeficiente de difusión en el aire es aproximadamente 10,000 veces más que el agua (Abeles, *et. al.*, 2012).

En 1908 Cracker y Knight reportaron que el etileno era un potente regulador del crecimiento de la planta y que era capaz de causar senescencia floral, epinastía, abscisión, intumescencias e inhibición del crecimiento (Abeles, 2013).

El etileno es generado mediante diversos factores; en la planta se desarrolla como una respuesta inhibitoria para controlar la síntesis de auxina¹, su transporte, acciones o degradación; sin embargo al mismo tiempo esta hormona propicia la producción del etileno (Abeles, *et. al.*, 2012), su rango de producción va aumentando conforme se va produciendo más etileno y varía dependiendo de distintos factores, ya sean externos (luz, CO₂ en el ambiente, la temperatura y el sexo de la planta) o internos (la disponibilidad de D-aminoácidos, calcio (promoviendo la inducción de auxinas), la edad de la planta (Abeles, *et. al.*, 2012), la especie, entre otros).

El etileno también regula positivamente la acumulación de proteínas defensivas y metabolitos secundarios, incluyendo fenólicos, alcaloides, y terpenos como otros compuestos volátiles (Lu, *et. al.*, 2014).

Se dice que la planta produce sus más altos rangos de etileno durante dos fases de su vida; la primera está asociada con la división celular y el rápido crecimiento y la segunda con su descomposición.

La sustancia precursora del etileno es el ACC (ácido 1-Aminociclopropano-1-carboxílico) que al fusionarse con oxígeno forman el ACC oxidasa y dan origen al CO₂, HCN (Cianuro de hidrógeno) y al EFE (enzima formadora del etileno), la figura 3 explica el proceso.

El ACC proviene del S-Adenosilmetionina (AdoMET) (Lieberman & Kunishi, 1966; Adams & Yang, 1977; Van de Poel, *et. al.*, 2012) que es formada por la ACC sintasa (ACS), a su vez el AdoMET proviene de la metionina.

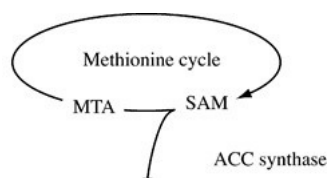


Figura 3 Proceso de generación de etileno en la planta. Va desde la metionina que al combinarse con el ACC sintasa forman el ACC que da origen al etileno (Abeles, *et. al.*, 2012).

Posteriormente una vez que ha surgido el etileno este incrementa en la planta su rango de producción, lo que se describe en el ciclo de Yang; que trata de que cuando la ACC sintasa convierte en AdoMET la sustancia, también forma otro compuesto el S-Metil-5'tioadenosina (MTA) que va de una serie de procesos para formar un ciclo y seguir generando

etileno, en la figura 4 se puede observar con detenimiento este proceso.

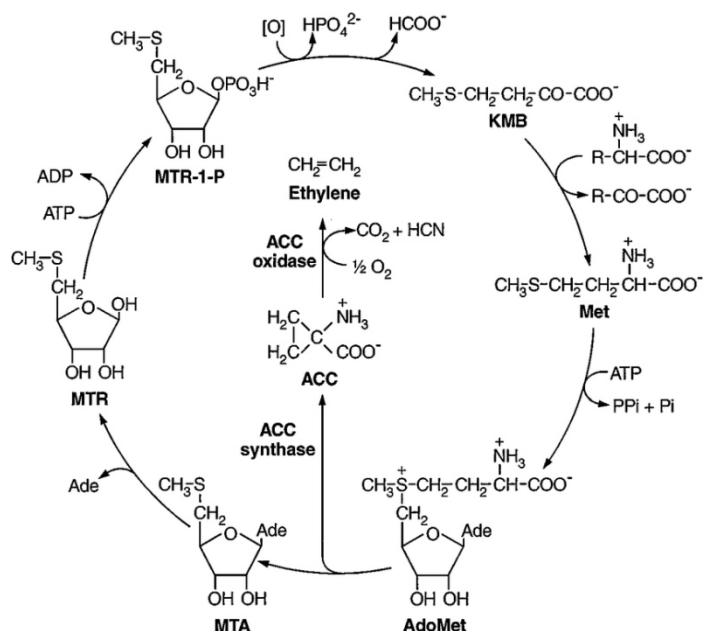


Figura 4 Rueda de biosíntesis de etileno o ciclo de Yang. AdoMet, S-adenosil-L-metionina; ACC, ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico; MTA, 5'-metiladenosina; MTR, 5'-metiltioribose; MTR-1-P, 5'-metiltioribose-1-P; KMB, ácido α-ceto-γ-metiltiobutírico; Met, metionina, (Weber, 2010).

2.9 *Lilium nashville*

La especie *Lilium nashville* es un híbrido derivado de un *Lilium asiático* y un *Lilium longiflorum* (Khan et. al., 2009).

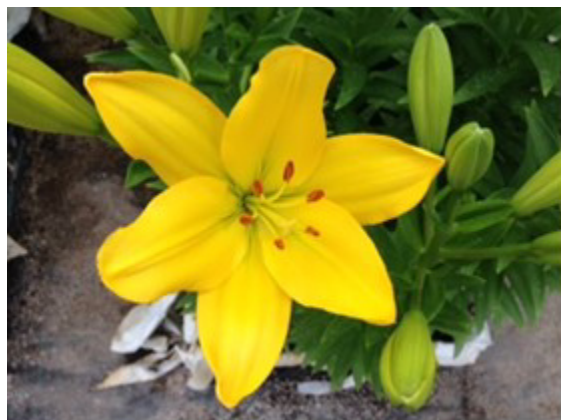


Figura 5 *Lilium nashville*, cultivada en el invernadero del departamento de suelos de la UAAAN.

Son plantas herbáceas, perennes; pertenecen al orden Liliales, familia Liliaceae y género *Lilium*.

Sus tallos crecen del bulbo, el tallo frondoso; perianto con 6 segmentos o lóbulos, 3 petaloides externos y 3 internos por igual and forma y color, 6 estambres, el ovario superior de 3 celdas, con una ranura de néctar de soporte hacia la base, 7 estigmas, el

fruto se encuentra encapsulado; hojas anchas del inicio y de forma picuda al final; flores largas y llamativas, solitarias o en racimos al final del tallo. (Jepson, 1963).

La flor es grande, amarilla, con poca fragancia, por lo general su floración es durante la primavera y después del verano.

2.10 *Lilium pollyanna*

La especie *Lilium pollyanna* es un híbrido resultante de un *Lilium lancifolium* y un híbrido asiático (Lei, et. al., 2009).



Figura 6 *Lilium pollyanna* cultivada en el invernadero de la FCF perteneciente a la UANL.

Son plantas herbáceas, perennes; pertenecen al orden Liliales, familia Liliaceae y género *Lilium*.

Sus tallos crecen del bulbo, el tallo frondoso; perianto con 6 segmentos o lóbulos, 3 petaloides externos y 3 internos por igual and forma y color, 6 estambres, el ovario superior de 3 celdas, con una ranura de néctar de soporte hacia la base, 7 estigmas, el fruto se encuentra encapsulado; hojas anchas del inicio y de forma picuda al final; flores largas y llamativas, solitarias o en racimos al final del tallo. (Jepson, 1963).

Su flor es amarilla alargada y angosta, con una línea de color naranja paralela al largo del pétalo y con manchas jaspeadas de color café.

III. ANTECEDENTES

En el 2010 Zhang Hongxia *et. al.* publicó un estudio comparativo de los efectos del nitrato, fulvato, fosfato, phthalate, salicilato y catecol en la absorción del uranio en arena sílice; donde encontró que la concentración de iones de uranio en arena sílice era más alta cuando el pH del ácido fúlvico llegaba a 6 y conforme este número iba subiendo la concentración iba disminuyendo.

Las sustancias húmicas muestran mayores efectos sobre las raíces que sobre la parte aérea. Sladký (1959) aplicó ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, y un extracto alcohólico de materia orgánica en concentraciones de 50, 50 y 10 mg L⁻¹, respectivamente, a plantas de tomate creciendo en disolución nutritiva. Las tres fracciones de materia orgánica estimularon significativamente la longitud y peso de la raíz en comparación con una disolución nutritiva pura.

Chukov *et. al.* (1996) investigaron la relación entre los efectos fisiológicos de sustancias húmicas y su actividad paramagnética, o lo que es lo mismo de su concentración de radicales libres. Encontraron que la concentración de radicales libres de las sustancias húmicas está directamente relacionada con la actividad fisiológica de las mismas. Csicsor *et. al.*, (1994) justifica el hecho de que los humatos potásicos son más efectivos que los ácidos fúlvicos ver cuadro 4, por el hecho de que la concentración de radicales libres en los primeros es mayor, de manera que su influencia en la cadena respiratoria es superior.

Cuadro 4 Resultados del experimento de Csicsor, *et. al.* (1994) en el porcentaje de germinación en placa Petri.

Tratamientos	Dosis mg/L	Germinación %	Germ. (%) ref. control
K-Humato	12	88	99,4
K-Humato	50	89	100,6
K-Humato	200	94	106,2
AF	4	88,5	100
AF	50	87	98,3
AF	200	93	105,1
Wuxal	0,2%	91	102,8
Control	--	88,5	100

Aunque la influencia de las sustancias húmicas destaca más sobre las raíces, existen numerosos estudios de su efecto sobre la parte aérea. Así Rauthan & Schnitzer, (1981) estudiaron la incidencia de la aplicación de ácidos fúlvicos a la disolución nutritiva (Hoagland) de plantas de pepino. El resultado indica el óptimo crecimiento de los tallos para dosis de 100 a 300 mg L⁻¹. (Dell'Agnola & Ferrari, 1971).

Las fracciones más activas de las sustancias húmicas son las de menor tamaño molecular. Como muestran Albuzio *et. al.*, (1994) la fracción menor de 8 kDa, que es la más susceptible de ser absorbida por la raíz, en dosis de 150 mg C L⁻¹ es la que mejora de manera más significativa la producción de biomasa de plantas de avena. De nuevo, en este caso, a dosis mayores el efecto pasa a ser inhibitorio. En concordancia con estos resultados están los de Retta *et. al.* (1994) al trabajar con plantas de tabaco a las que se aplicaban diferentes fracciones moleculares de sustancias húmicas en comparación con auxinas y citoquininas.

El efecto estimulante de las sustancias húmicas sobre el crecimiento de las plantas ha sido comúnmente relacionado con el aumento de la absorción de macronutrientes (Guminsky *et. al.*, 1983). Gaur (1964) encontró incrementos en la absorción de N, P y K y descensos en la toma de Ca en plantas de *Lolium perenne* L. tratadas con ácidos húmicos de compost. En otro estudio realizado sobre plantas de pepino, Rauthan & Schnitzer, (1981) cultivaron sus plantas en disolución de Hoagland, conteniendo hasta 2000 mg L⁻¹ de ácidos fúlvicos. Los tratamientos incrementaron la absorción de N, P, K, Ca y Mg en los tallos y N en las raíces. La máxima absorción de todos estos elementos fue obtenida a concentraciones de 100 a 300 mg L⁻¹. Igualmente David *et al.* (1994) observaron que la adición de 1280 mg L⁻¹ de ácidos húmicos producía incrementos en los niveles foliares de P, K, Ca, Mg y radicales de N y Ca en plantas de tomate fertirrigadas. Sánchez-Conde & Ortega, (1968), empleando plantas de pimiento regadas con disoluciones que contenían 8, 80 y 100 mg L⁻¹ encontraron incrementos en la toma de N, P y Mg y descensos en la toma de K, Ca y Na. El Mg se absorbe mejor por las plantas a pH 5 que a pH 7, aunque los humatos favorecen dicha absorción a ambos pH. La acción negativa mostrada por un inhibidor metabólico como el 2,4-

dinitrofenol, demuestra que los ácidos húmicos actúan a través de procesos metabólicos (Sánchez - Andreu, *et. al.*, 1994).

Tanto la respiración como la fotosíntesis pueden ser aumentadas por la aplicación de sustancias húmicas. Sladky (1959) hizo crecer plantas de tomate en disolución nutritiva conteniendo ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y un extracto alcohólico de materia orgánica del suelo, produciendo altas concentraciones de clorofila. El oxígeno consumido se incrementa al compararlo con las plantas control. También se observa que los ácidos fúlvicos tienen un efecto mayor que los ácidos húmicos (cuadro 5).

La hipótesis de que las sustancias húmicas pueden actuar como hormonas y tener un efecto bioestimulante ha conducido a muchos investigadores a tratar el tema. Por ejemplo, Mato *et. al.* (1972) comprobaron que las sustancias húmicas eran capaces de inhibir la actividad IAA-oxidasa, lo que contribuía a mantener grandes niveles de IAA en los tejidos, con el consiguiente estímulo del crecimiento.

Cuadro 5 Efecto de fracciones de SH sobre respiración y niveles de clorofila en plantas de tomate. (Sladky, 1959).

TRATAMIENTO	OXÍGENO ABSORBIDO		CLOROFILA
	HOJAS	RAÍCES	
	% del control		
Control	100	100	100
Extracto alcohólico (10 mg L ⁻¹)	110	176	130
AH (50 mg L ⁻¹)	124	123	163
AF (50 mg L ⁻¹)	130	138	169

IV. HIPÓTESIS

El fulvato de calcio tiene efectos sobre el desarrollo de la flor de corte *Lilium* spp.

V. EXPERIMENTO I UAAAN

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del producto floral de la especie, *Lilium nashville* mediante la aplicación de diferentes dosis de fulvato de calcio y monitoreo de las diversas condiciones de la planta que afectan a esta característica, de manera que el producto resultante sea competitivo en el mercado.

5.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento de diversas dosis de fulvato de calcio.
- Establecer la dosis óptima de un fulvato de calcio.
- Determinar y comparar en los tratamientos los niveles de contenido de nutrientes de Mg y Fe los cuales compiten con la absorción del calcio.

5.2 Área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero tipo “capilla” y techo curvo, del área experimental del departamento de ciencias del suelo, en el *campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a los 25° 23’ de Latitud Norte y 101° 00’ de Longitud Oeste y altitud de 1742 msnm. Figura 7.

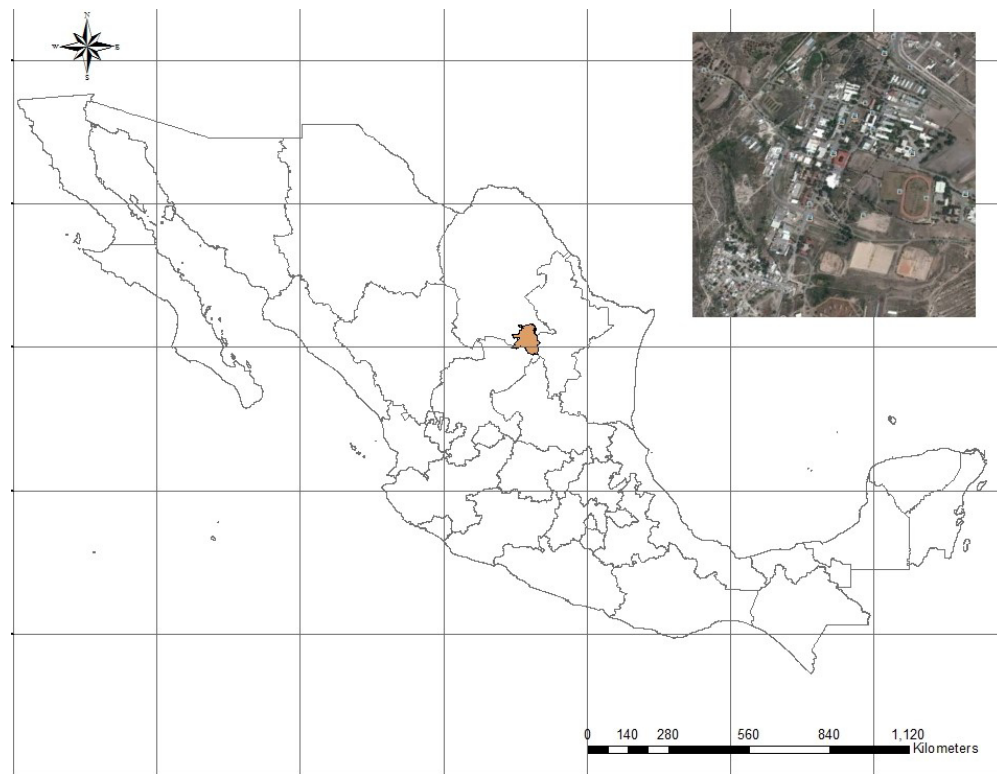


Figura 7 Mapa que muestra el área donde se realizó el experimento I.

5.2.1 Clima

De acuerdo a Köppen, modificado por García (1988), el clima del área está clasificado en la parte más baja que corresponde al valle de Saltillo como: BS(x), el cual corresponde a un clima seco, templado, con verano cálido extremoso, temperatura media anual entre 12° y 18° C, la del mes más frío entre -3° y 18° C y el mes más caliente superior a 18° C, con un régimen de lluvias intermedias entre el verano y el invierno. La orografía y altitud determinan la presencia de 3 valores de precipitación

media anual, siendo de 350 mm en el Valle de Saltillo, de 450 mm en el macizo montañoso en sus exposiciones Norte y Noreste y de 550 mm del parteaguas de la sierra hacia el Sureste (SPP, 1983). Las precipitaciones son del tipo convectivo coincidiendo con los meses más calientes del año. Durante los meses más secos (octubre – abril) tiene una variación mensual entre 6 – 36 mm y durante los meses húmedos (mayo – septiembre) hay un promedio mensual de 75 mm. (Encina-Domínguez *et. al.*, 1998).

5.2.2 Suelos

De acuerdo con la cartografía de Centenal (1977), las unidades y subunidades del suelo son:

Litosol; son los suelos más abundantes y se presentan en la mayor parte del macizo montañoso, en los taludes y cumbres, representan el 50 % de toda el área.

Rendzina; se presenta en las partes más altas de la sierra, principalmente en el pie del monte, representando el 28 % del área.

Xerosol; se localizan en los pies de monte de la exposición norte de la Sierra Zapalinamé y en los valles de la vertiente este. Estas unidades de suelo representan el 7.89 %.

Fluvisol; se encuentran como fluvisol calcarico que representa el 0.02 % en el Cañón de los Chorros al sureste del área.

Yermosol; se presentan en ocasiones la acumulación de cal o yeso en el subsuelo o bien caliche lo que es común en el área de estudio.

Regosol; se encuentran en algunas áreas de las faldas de la sierra en exposición norte y en un área más extensa en el Cañón de San Lorenzo, representando un 3.98 % de la superficie del área.

Castañozem; estas unidades de suelo se presentan en áreas menos onduladas, normalmente adyacentes a laderas montañosas y representan el 4 %.

Feozem calcarico; la vegetación con la que se encuentra asociado es el matorral submontano en la ladera norte de la Sierra Zapalinamé, valles y laderas bajas y pie de montes, representa el 4.42 % del área.

5.2.3 Vegetación

Se presentan 11 tipos de vegetación según Arce & Marroquín (1985):

Matorral micrófilo; se presenta principalmente en las áreas bajas y valles del norte y suroeste del área sobre suelos xerosoles háplicos y es dominada por arbustos, usualmente de 30 - 60 cm de alto, donde *Larrea tridentata* es la especie más frecuente.

Matorral desértico rosetófilo; se le encuentra sobre suelos litosoles y rendzinas; someros, pedregosos y algunas veces formados por material suelto en las exposiciones sur y norte de las cordilleras.

Matorral de encinos arbustivos; esta asociación incluye comunidades arbustivas densas, generalmente caducifolias, prosperan sobre suelos litosoles en las laderas de cerros y con frecuencia las especies dominantes se reproducen vegetativamente por sus partes subterráneas, se presentan en las exposiciones sur y norte como vegetación secundaria.

Matorral denso inerme parvifolio de rosáceas; los elementos que dominan son arbustos de la familia rosaceae, se presentan en suelos litosoles principalmente, con poca pendiente.

Matorral de manzanita; son agrupaciones densas de encinos bajos acompañados de especies arbustivas. Se presentan en las laderas altas y exposición norte como vegetación secundaria, sobre suelos litosoles y rendzinas principalmente.

Zacatal con leñosas arbustivas; se le encuentra principalmente en las laderas bajas, cerca y en los valles, sobre suelos xerosoles háplicos y rendzimas.

Bosque pino piñonero; prosperan en altitudes que varían de los 1,200 – 2,560 m, en áreas con poca pendiente y sobre suelos someros o profundos principalmente rendzinas y regosoles ricos en materia orgánica. Se presentan formando bosques más o menos bien definidos y caracterizados por el tamaño reducido de las hojas.

Bosque de pinos; se localizan en altitudes que varían desde los 1250 – 2900 m sobre suelos superficiales, oscuros con alto contenido de materia orgánica y nutrientes como litosoles con renzimas.

Bosque de encinos; este tipo de comunidad es propia de porciones protegidas de cañones y valles intermontanos con climas templados y semihúmedos (Villarreal y Valdés, 1993). Está integrado por árboles, en su mayor parte con hojas esclerófila, la cubierta original era un bosque de coníferas, compuesto por diferentes especies.

Bosque deciduo templado; está constituido por árboles que pierden sus hojas en mayor proporción durante la época invernal, es un bosque mediano con más de 10 m de altura, se localiza en altitudes de 2,010 – 2,100 m y se considera que es un tipo de vegetación de distribución irregular y escaso valor de importancia económica de sus elementos florísticos dominantes.

Bosque se pseudotsuga-cupressus-abies; está compuesto por especies poco comunes o de escasa distribución, se localiza entre los 2,340 – 3,140 m principalmente en el Cerro el Penitente y sus suelos más característicos son los litosoles y rendzimas.

5.3 Materiales y métodos

5.3.1 Metodología para la elaboración de ácidos fúlvicos

Basado en la metodología de extracción de Schnitzer (1969) se procedió con 2 gr de compost seco, molido y tamizado por una malla de 1 mm, se agregaron 40 mL⁻¹ del NaOH, se agitó durante 24 horas en un agitador con una velocidad de 180 oscilaciones por minuto, posteriormente se centrifugó a 3000 rpm durante 20 minutos, al decantarse la muestra el sobrenadante se conservó; posteriormente se le agrego al sedimento restante 50 mL⁻¹ de Na₄P₂O₇ al 0.1 N, dejándolo en agitación durante 24 horas para posteriormente centrifugar a 3000 rpm durante 20 minutos; posteriormente se agregó al sedimento restante 50 mL⁻¹ de NaF 0.1 N; las tres muestras sobrenadantes se mezclaron y se acidificaron hasta pH 2.0 con HCl, la mezcla se dejó en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente y se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos, posteriormente se separaron los ácidos húmicos (sedimento) y los ácidos fúlvicos (sobrenadante) (Ramos – Ruíz, 2010).

5.3.2 Metodología para la plantación y aplicación de los tratamientos

En cada caja de plástico de 50 X 50 X 30 cm, se cubrió las orillas con papel permeable y se relleno con la mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación 1:2 v/v) empleada como sustrato, se colocaron 12 bulbos de lilis del calibre 12/14, previamente impregnados en un fungicida, se les fertilizó con una solución nutritiva completa cada 3er día y cuando la planta midió entre 15 y 20 cm y al inicio del racimo floral, se les aplicó los tratamientos de: 2, 4 y 6 mL⁻¹ de agua de un fulvato de calcio al 1 y 2 por ciento (La fuente de Ca, fue el nitrato de calcio Ca(NO₃)₂); al control se le aplicó una solución nutritiva completa que consistía en MgSO₄, Ca(NO₃)₂, K₂SO₄ y MAP.

El experimento consiste en 6 tratamientos más un testigo, con 5 repeticiones, en total se probaron 420 plantas, los tratamientos consistieron en fulvatos de calcio al 1 y 2 por ciento en dosis de 2, 4 y 6 mL⁻¹ cada uno ver cuadro 6 para detalle.

Cuadro 6 Descripción de los tratamientos aplicados en el experimento I, dónde: F Ca: Fulvatos de calcio.

No.	Repetición Tratamiento	I	II	III	VI	V	Total
1	F Ca 1% 2mL ⁻¹	12	12	12	12	12	60
2	F Ca 1% 4mL ⁻¹	12	12	12	12	12	60
3	F Ca 1% 6mL ⁻¹	12	12	12	12	12	60
4	F Ca 2% 2mL ⁻¹	12	12	12	12	12	60
5	F Ca 2% 4mL ⁻¹	12	12	12	12	12	60
6	F Ca 2% 6mL ⁻¹	12	12	12	12	12	60
7	Testigo	12	12	12	12	12	60
Totales		84	84	84	84	84	420

5.3.3 Metodología para el análisis de nutrientes

De cada caja se tomaron 5 grs de material vegetativo separados en bolsas de papel y se procedió a lavar con el detergente libre de fosfato, para posteriormente pesar 1 gr en una báscula de precisión y pasar el material a una estufa de secado a 65°C durante 24h, al día siguiente se sacó de la estufa y se pesó, para meter una vez más a la estufa con la temperatura previamente mencionada al pasar una hora se sacó para pesar nuevamente una vez que se mantuvo en peso constante; se pesó 1 gr de cada bolsa y se vertió en probetas a las que se les aplicó 10 mL⁻¹ de HNO₃, los cuales se sellaron herméticamente y se pusieron en una digestora a base de microondas marca CEM, modelo Mars-6, en forma espacial como su procedimiento lo establecía, pasada una hora se sacó y se traspasó a un matraz y se vertió agua destilada hasta completar 100 mL⁻¹ de solución que fueron pasados a frascos sellados previamente identificados. Para determinar el contenido de cada elemento se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Marca Varian, Modelo SpectrAA-5). Partiendo de estándares comerciales de cada elemento, se obtuvo una curva estándar para cuantificar el contenido de dicho elemento en la solución de cada extracto y se procedió con la cuantificación de concentración de cada elemento.

5.3.4 Análisis estadístico

Para determinar el comportamiento de diversas dosis de fulvato de calcio se realizó un análisis de varianza (ANOVA), para posteriormente efectuar una prueba de medias de Tukey con un 95% de confianza, debido a que el análisis presento diferencias

significativas; se realizó un análisis MANOVA para determinar las variables las cuales tenían diferencias significativas entre los tratamiento.

Para escoger la dosis óptima de un fulvato de calcio, se trabajó en análisis de regresión en cada tratamiento con respecto a la concentración de calcio y se analizó la correlación que presentó cada uno.

Mediante un MANOVA se observó con respecto a cada tratamiento si existían diferencias significativas entre las concentraciones de calcio, magnesio y fierro.

5.4 Resultados y discusiones

A continuación se presentan los resultados obtenidos del cultivo de la especie de *Lilium nashville* que se llevó a cabo en el vivero del departamento de suelos de la UAAAN; con respecto a los objetivos buscados; en los que se describe los hallazgos encontrados y los argumentos en los cuales se sustentan tales hechos.

El cultivo que se realizó en la UAAAN fue bajo condiciones controladas en un invernadero tipo “capilla” y techo curvo, cubierto con plástico permeable; el día 18 de abril del 2014, en plena primavera, los bulbos plantados fueron enviados del Estado de México y su calibre era de 12/14 al momento de la plantación, la primera floración se dio en los meses de Agosto; obteniendo los siguientes resultados:

5.4.1 Determinación del comportamiento de diversas dosis de fulvato de calcio.

Se obtuvo un promedio del total de los valores en partes por millón (ppm) de calcio obtenidos por cada tratamiento; a las cuales se procedió con las pruebas de normalidad y homocedasticidad para confirmar que estos datos fueran aptos en la elaboración del análisis de varianza, posteriormente se procedió con un análisis de ANOVA el cual mostró diferencias significativas, cuadro 7.

En la figura 8 se pueden observar donde las medias de los tratamientos 2 (F Ca al 1 % 2 mL⁻¹) y 6 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹) tiene los valores más altos, mientras que el 5 (F Ca 2 % 4 mL⁻¹) y el 7 (Testigo) los más bajos, en base a esto encontramos que sería recomendable hacer otro experimento bajo las mismas condiciones en donde podamos observar la declinación de la concentración en la curva de concentraciones.

Cuadro 7 Análisis ANOVA de cada uno de los tratamientos obtenidos con respecto al calcio.

Análisis de ANOVA					
Fuente de variación	Gl	$\sum x^2$	$\sum \bar{x}^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	68,276	11,379	4,398	0.00299*
Residuales	28	72,444	2,587		

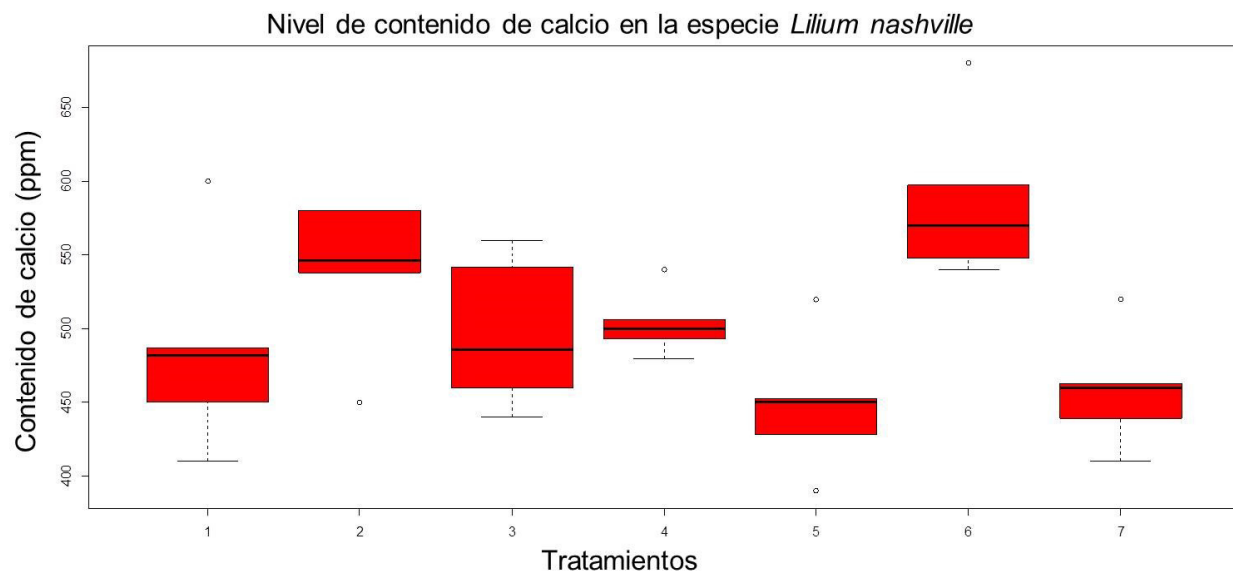


Figura 8 Cuadro de cajas del contenido de calcio de cada uno de los tratamientos en el experimento I.

Los resultados de comparación de medias en la prueba de Tukey se observan en el gráfico de la figura 9 donde se pueden ver las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos 6 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹) y 1 (F Ca 1 % 2 mL⁻¹), 6 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹) y 5 (F Ca 2 % 4 mL⁻¹) y 7 (Testigo) y 6 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹); los tres tratamientos mencionados son los que muestran menor contenido de calcio, mientras que el tratamiento 6 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹) con el que se compararon estos es el que mayor contenido de calcio obtuvo; Tan, (2011) afirma que los ácidos fúlvicos y húmicos tienen alta afinidad para el aluminio, hierro y calcio, esto probablemente debido al incremento de la absorción de iones (Chaminade, 1966; Mylonas, 1980) mediante el facilitamiento de la distribución de metales pesados como quelatos en la planta (Kononova, 1966; Mylonas, 1980).

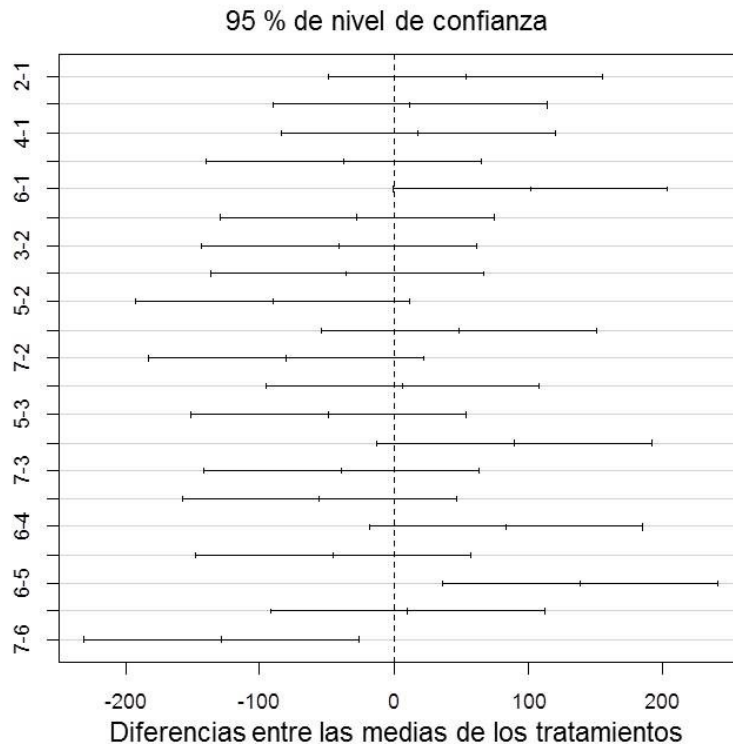


Figura 9 Gráfico de líneas comparativas de las medias con respecto al contenido de calcio en cada tratamiento en el experimento I.

En el cuadro 8 se enlistan los resultados de un análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al grosor del tallo en donde no se encuentran diferencias significativas, es decir todos los tratamientos se comportaron similar con respecto a esta variable; en la figura 10 el diagrama de cajas muestra como las medias de los 7 tratamientos son muy similares, solo la desviación estándar del tratamiento 1 ($F\ Ca\ 1\% \ 2\ mL^{-1}$) es mucho más amplia en comparación a los otros tratamientos; Torres- González, *et. al.*, (2011) en un experimento de aplicación de turba en *Lilium* sp., encontró de igual forma mejor desempeño en el grosor del tallo en el testigo, concluyendo que las células del parénquima no se vieron afectadas en cuanto fueron decreciendo con la aplicación de los tratamientos asociando esta ocurrencia con el aumento de la biomasa, así como un mayor grosor del tallo (Page, 1983; Torres – González, *et. al.*, 2011), las sustancias húmicas tienen un efecto estimulador en la planta (Clapp, *et. al.*, 1991; Nardi, *et. al.*, 2002) por lo que probablemente solo llegan a tener un efecto en su crecimiento

primario, haciendo un efecto inmediato en sus meristemas y dejando a un lado las células en el parénquima.

Cuadro 8 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al grosor del tallo en el experimento I.

Grosor del tallo					
Fuente de variación	Gl	$\sum x^2$	$\sum x^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	0.1205	0.020083	1.2479	0.3127
Residuales	28	0.4506	0.016093		

Comportamiento de los tratamientos con respecto al grosor del tallo en la planta

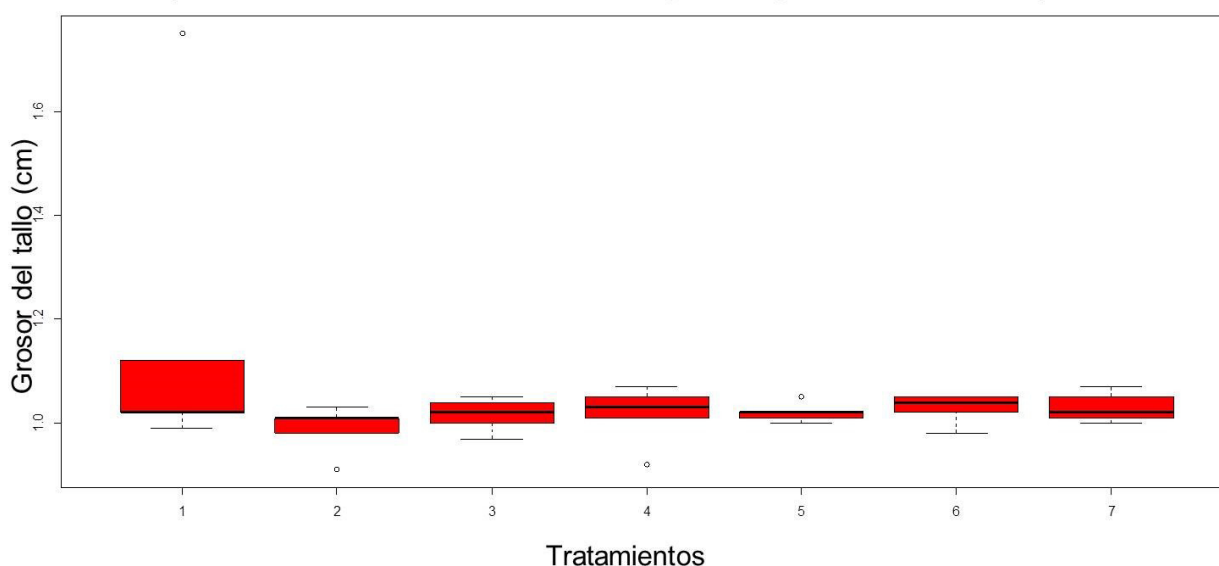


Figura 10 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto al grosor de tallo en el experimento I.

En el cuadro 9 del análisis de MANOVA se encuentran diferencias significativas en los tratamientos con respecto a la longitud del tallo como lo muestra el diagrama de cajas de la figura 11, la media del tratamiento 6 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹) sobresale de las demás, su desviación estándar es casi nula, mientras que en los demás tratamientos sus medias son similares.

En el análisis del número de botones florales no se encontraron diferencias significativas como lo muestra el cuadro 10, en la figura 12 se observa que los tratamientos 5 (F Ca 2 % 4 mL⁻¹) y 6 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹) tienen las medias más altas en comparación a las demás, sin embargo sus diferencias son poco notorias.

Las diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a la longitud del botón floral se ven reflejadas en la figura 13 y los valores se encuentran en el cuadro 11, se aprecian las diferencias entre el tratamiento 7 (Testigo) y el tratamiento 1 (F Ca 1% 2 mL⁻¹); mientras que el primero tiene el número menor de media el otro en contraste tiene el valor más alto de medias.

Cuadro 9 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto a la longitud del tallo en el experimento I.

Longitud del tallo					
Fuente de variación	GI	$\sum x^2$	$\sum \bar{x}^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	540.34	90.057	16.289	5.555E-08
Residuales	28	154.8	5.529		

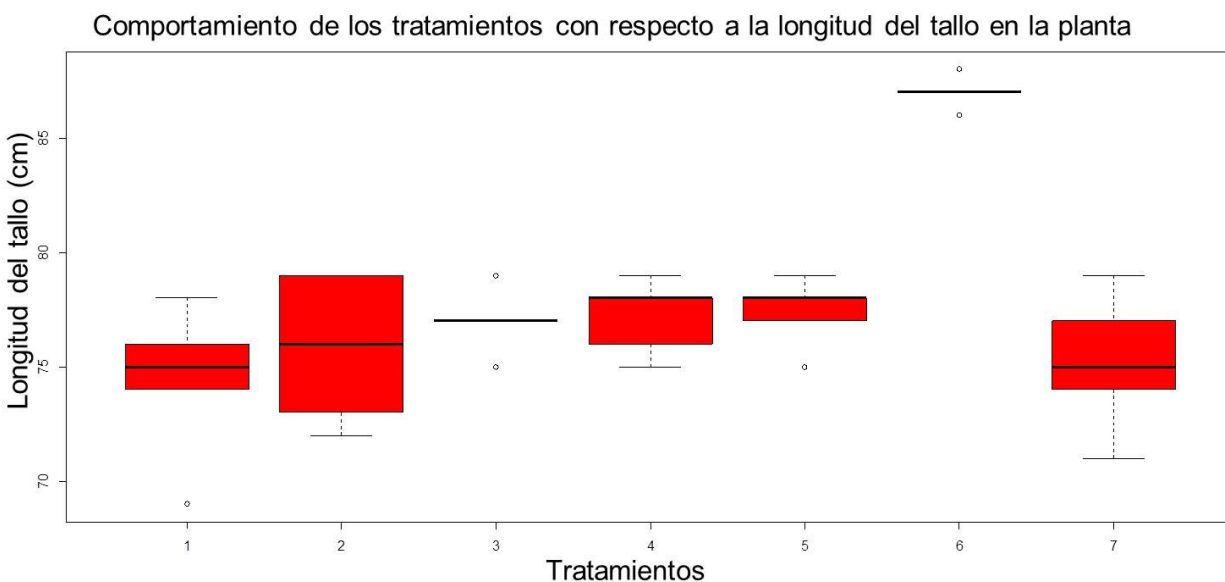


Figura 11 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a la longitud de tallo en el experimento I.

Cuadro 10 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al número de botones florales del experimento I.

Número de botones florales					
Fuentes de variaciones	GI	$\sum x^2$	$\sum \bar{x}^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	0.46271	0.077119	1.4262	0.2398
Residuales	28	1.514	0.054071		

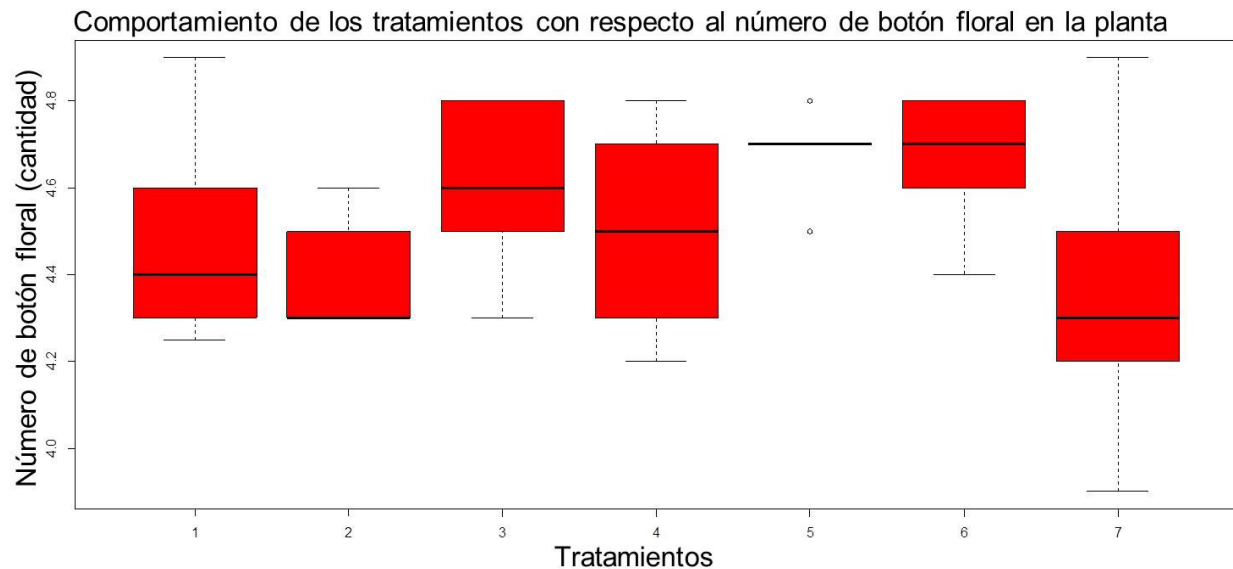


Figura 12 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto al número de botón floral en el experimento I.

Franco-Mora, *et. al.*, (2016) determinó el efecto del número y tamaño de botones y longitud del tallo de un *Lilium* sp. fertilizados con diferentes dosis de calcio donde encontraron diferencias significativas en la longitud del tallo y no significativas en las otras dos variables.

Cuadro 11 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto a la longitud del botón floral del experimento I.

Fuentes de variación	Longitud del botón floral				Valor P
	Gl	$\sum x^2$	$\sum \bar{x}^2$	Valor F	
Tratamientos	6	5.712	0.952	2.7906	0.002958
Residuales	28	9.552	0.34114		

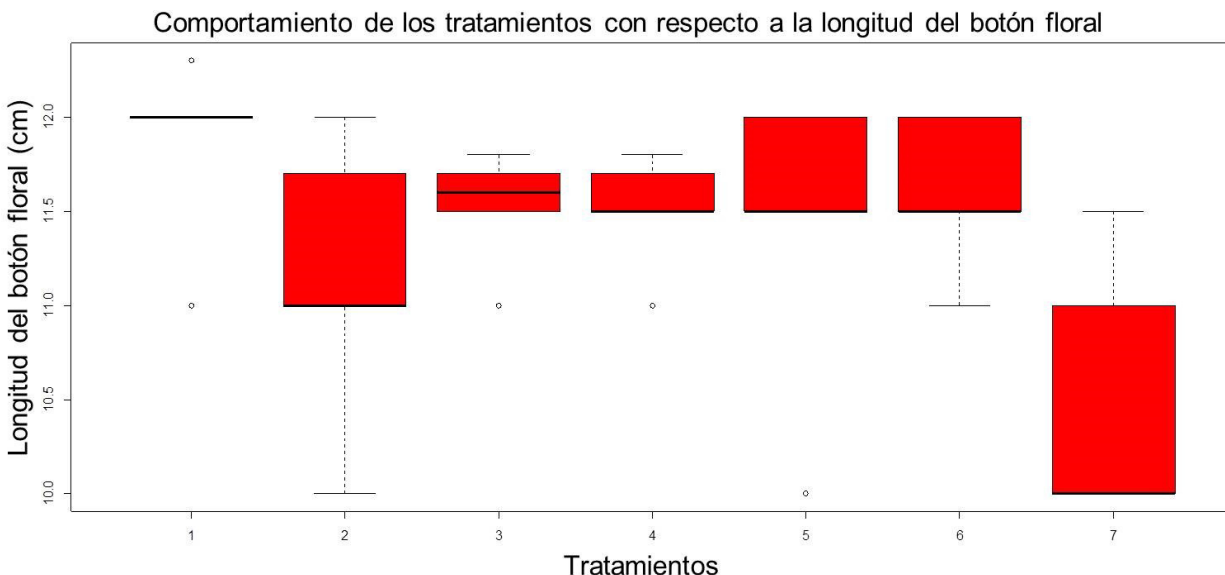


Figura 13 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a la longitud del botón floral en el experimento I.

5.4.2 Establecer la dosis óptima de un fulvato de calcio.

El cuadro 12 muestra los resultados del análisis de correlación de cada uno de los tratamientos con respecto a las 4 variables medidas, en la que encontramos que el valor positivo más alto se dio en el tratamiento 2 (F Ca 1 % 4 mL⁻¹) influenciado en el grosor del tallo con un 86 %, mientras que el tratamiento 4 (F Ca 2 % 2 mL⁻¹) tuvo la mayor correlación con efectos negativos de un 97 %, los tratamientos 3 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹) y 5 (F Ca 2 % 4 mL⁻¹) tuvieron valores negativos destacados de 77 % y 94 % respectivamente; por el contrario el tratamiento 6 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹) mostró una correlación positiva significativa del 83%.

Rojas *et. al.*, (2001); aplicaron vía foliar fulvatos de calcio, magnesio y boro a un cultivo de tomate, el tratamiento que tuvo como resultado mayor firmeza y rendimiento en Kg. Planta fue el de 2.5 gL⁻¹; mientras que en el presente experimento la dosis óptima en que la planta demostró mayor firmeza fue en la dosis del 1% en 4 mL⁻¹; seguida por la del 2 % en 6mL⁻¹.

Cuadro 12 Consolidado de resultados de r^2 de cada tratamiento con respecto a las variables evaluadas en el experimento I.

Tratamiento	Longitud del tallo	Número de botones florales	Longitud del botón floral	Grosor del tallo
F Ca 1 % 2 mL ⁻¹	0.34	0.03	0.03	-0.47
F Ca 1 % 4 mL ⁻¹	-0.24	0.35	-0.36	0.86
F Ca 1 % 6 mL ⁻¹	0.12	0.32	-0.77	-0.21
F Ca 2 % 2 mL ⁻¹	0.52	0.73	0.42	-0.97
F Ca 2 % 4 mL ⁻¹	0.66	-0.67	-0.94	0.71
F Ca 2 % 6 mL ⁻¹	0.83	0.36	0.38	-0.26
Testigo	-0.49	-0.09	-0.1	0.72

5.4.3 Determinación y comparación de los niveles de contenido de nutrientes de Ca, Mg y Fe en cada tratamiento.

La solubilidad de los óxidos e hidróxidos de Fe (III) presentes en el medio está muy relacionada con el pH del suelo, de este modo la solubilidad descende 1000 veces por cada unidad que aumenta el pH, reduciendo la concentración de suelo soluble a valores inferiores de 10^{-20} M para un valor de pH en torno a 7.5. (Lindsay 1979, 1991). Los suelos calizos contienen altas concentraciones de calcio su valor de pH oscila entre 7.5 y 8.5; pudiendo llegar incluso a valores superiores de 9.0 cuando en los suelos existen contenidos apreciables de NaHCO₃ disuelto. A estos pH la concentración de Fe soluble es bastante baja (Lindsay , 1979, 1991; Lindsay y Schawb, 1982); citado por Juárez-Sanz, *et. al.*, 2007.

En los cuadros 13 y 15 se muestran los resultados del análisis de MANOVA del contenido de hierro y calcio en la planta respectivamente donde se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos sin embargo los promedios en contenido que se aprecian en ambas gráficas son similares, es decir ambas tienen menor contenido del elemento en el tratamiento 7 (Testigo), Figuras 15 y 17; los tratamientos 2 (F Ca 1 % 4 mL⁻¹), 4 (F Ca 2 % 2 mL⁻¹) y 5 (F Ca 2 % 4 mL⁻¹) presentan mayor contenido de hierro; en el caso del calcio, los tratamientos 2 (F Ca 1 % 4 mL⁻¹), 1 (F Ca 1 % 2 mL⁻¹) y 4 (F Ca 2 % 2 mL⁻¹) son los que presentan mayor concentración del calcio respectivamente.

En las rocas, el magnesio se halla estrechamente asociado a los minerales ricos en hierro (ferromagnesianos) tales como el olivino y varios inosilicatos y la mica biotita. En la solución del suelo o en el complejo de cambio, los iones magnesio se comportan de manera más parecida a los de calcio que cuando se encuentran en los minerales o en las plantas. Los iones magnesio representan un 12 – 18 % del total de bases cambiante, proporción que sólo es superada por el 75 – 85 % de los iones Ca^{2+} . Claassen y Wilcox (1974) observaron que las aplicaciones fertilizantes porásicos o amoniacaes reducían la absorción de Ca^{2+} y Mg^{2+} por el maíz. Los altos niveles de Ca^{2+} que resultan de los encalados, también pueden agravar las deficiencias en magnesio ocupa una posición algo excepcional. (Thompson & Troeh, 1988). En el cuadro 14 del análisis de MANOVA no se aprecian diferencias significativas entre los tratamientos en concentraciones de Mg^{2+} ; la figura 16 muestra que al igual que en los análisis de calcio y hierro, el tratamiento 7 (Testigo) es que el que menor contenido de magnesio muestra; los tratamientos 4 (F Ca 2% 2 mL⁻¹), 2 (F Ca 1 % 4 mL⁻¹) y 1 (F Ca 1 % 2 mL⁻¹) tienen las medias más altas de entre los demás tratamientos.

Cuadro 13 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al contenido de hierro en el tejido vegetal del experimento I.

Contenido de Fe en planta (ppm)					
Fuentes de variación	Gl	$\sum x^2$	$\sum \bar{x}^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	5	5,549	1,109.9	0.7868	0.5694
Residuales	24	33,855	1,410.6		

Se observa que el tratamientos 2 (F Ca 1 % 4 mL⁻¹) y 4 (F Ca 2 % 2 mL⁻¹) en los 3 análisis destacan con mayor contenido de los tres elementos analizados; calcio, magnesio y hierro.

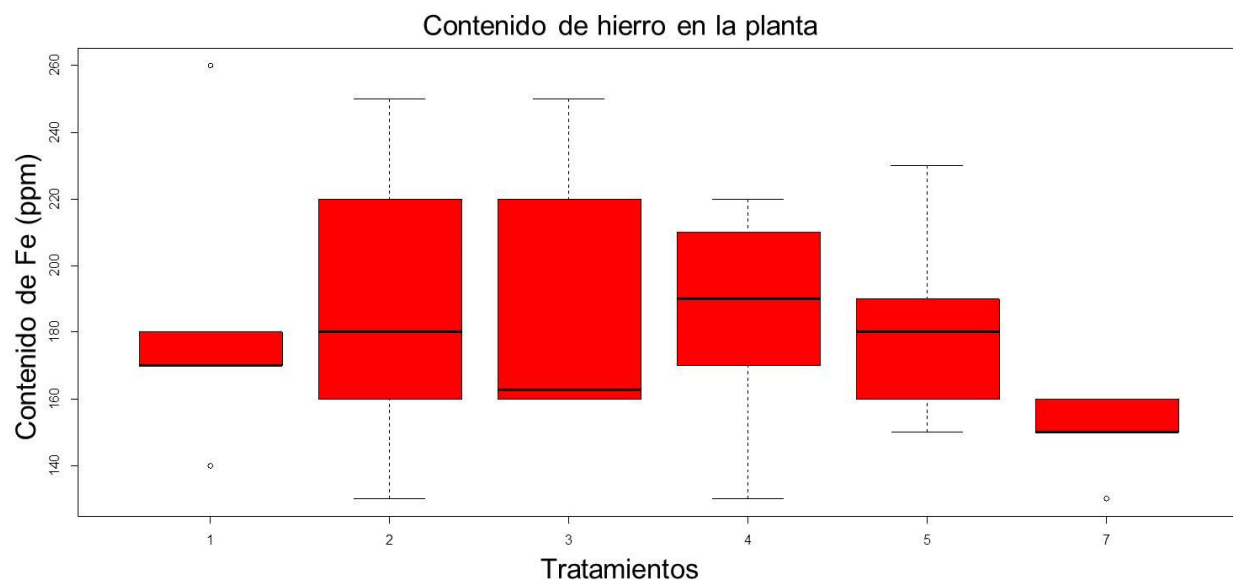


Figura 14 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto el contenido de hierro en el tejido vegetal del experimento I.

Cuadro 14 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al contenido de magnesio en el tejido vegetal del experimento I.

Contenido de Mg en planta (ppm)					
Fuentes de variación	Gl	$\sum x^2$	$\sum x^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	5	1'844,320	368,864	0.8525	0.5266
Residuales	24	10'383,960	432,665		

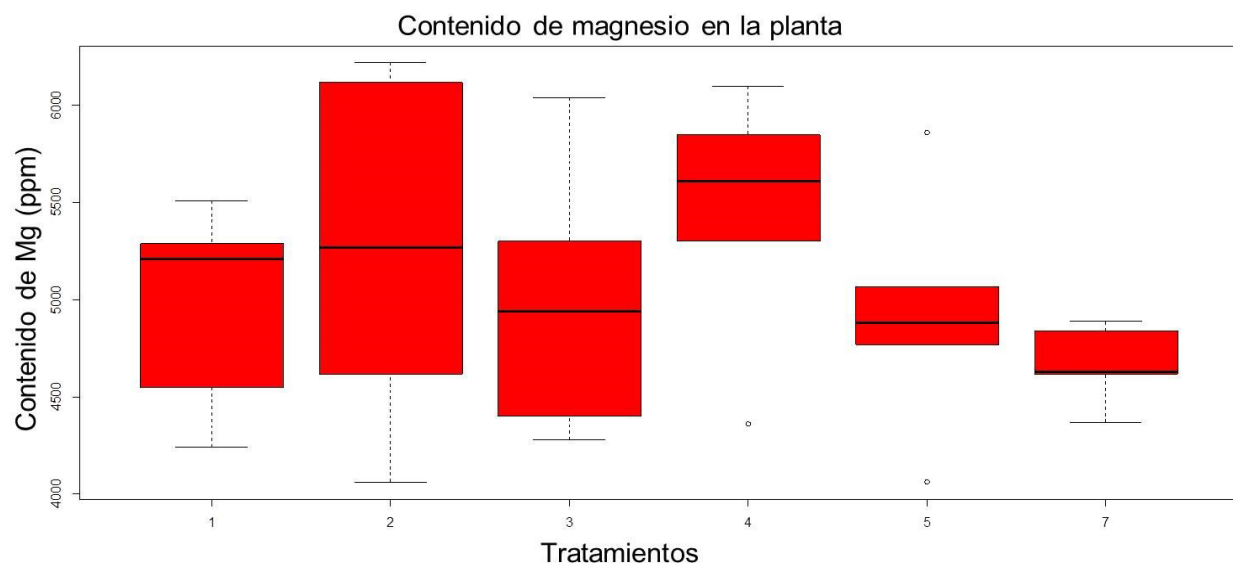


Figura 15 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto el contenido de magnesio en el tejido

vegetal en el experimento I.

Cuadro 15 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al contenido de calcio en el tejido vegetal del experimento I.

Contenido de Ca en planta (ppm)					
Fuentes de variación	Gl	$\sum x^2$	$\sum \bar{x}^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	5	101'835,437	20'367,087	1.23	0.32
Residuales	24	396'323,500	16'513,479		

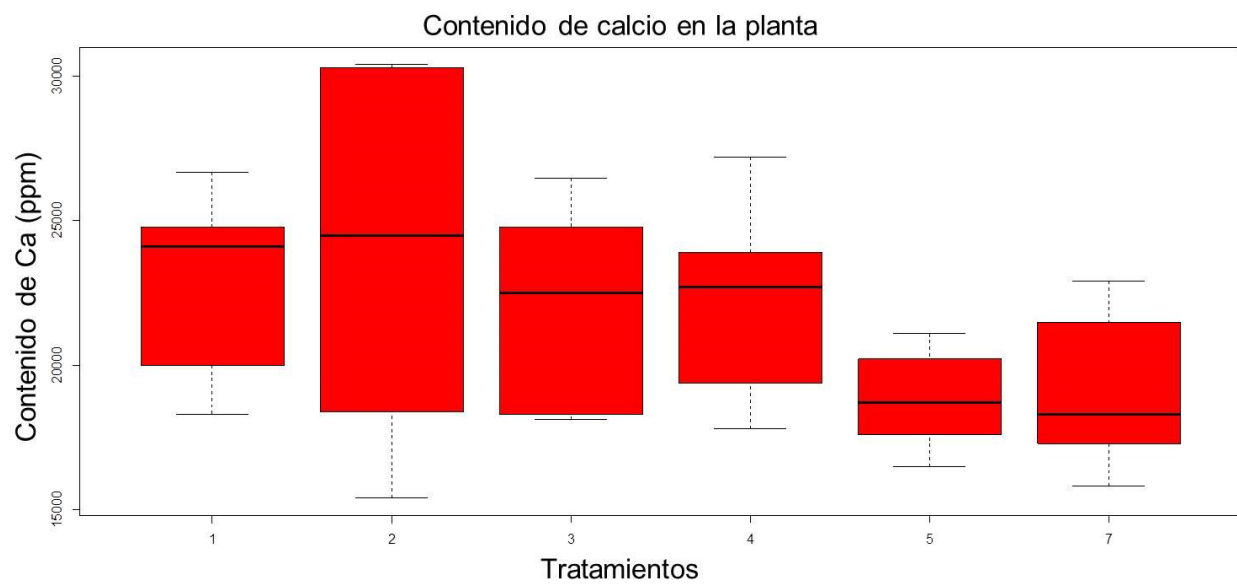


Figura 16 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto el contenido de Calcio en el tejido vegetal en el experimento I.

VI. EXPERIMENTO II UANL

6.1 Objetivos

6.1.1 Objetivo general

Mejorar la calidad de anaquel del producto floral de la especie, *Lilium pollyanna* mediante la aplicación de diferentes dosis de fulvato de calcio y monitoreo de las diversas condiciones de la planta que afectan a esta característica, de manera que el producto resultante sea competitivo en el mercado.

6.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de calcio en cada tratamiento.
- Establecer la dosis óptima de un fulvato de calcio.
- La comparación de los días en anaquel de la flor al momento del corte hasta su marchitez con los diversos tratamientos.
- Comparación del contenido de nutrientes en cada tratamiento.

6.2 Área de estudio

El segundo experimento se realizó en la Facultad de Ciencias Forestales perteneciente a la Universidad Autónoma de Nuevo León ubicada en carretera nacional km. 145, Linares, Nuevo León, México, a los 24° 46' 43" de Latitud Norte y 99° 31' 39" de Longitud Oeste y altitud de 370 msnm, figura 18.

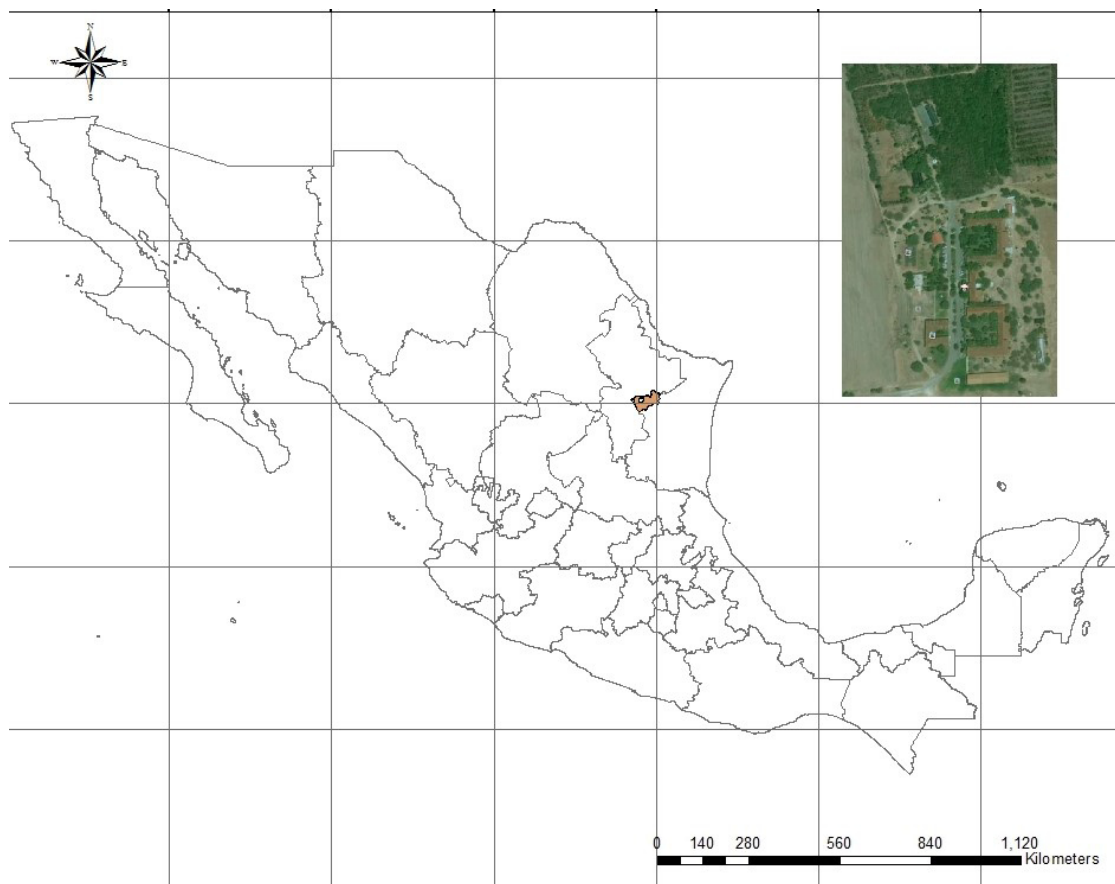


Figura 17 Mapa que muestra el área donde se realizó el experimento II.

6.2.1 Clima

El clima es semiseco, muy cálido y con lluvias en verano. Las temperaturas promedio oscilan entre 14.7°C las menores y las mayores 22.3 a 28°C. Siendo los meses más fríos entre diciembre y enero y los más cálidos entre junio y agosto. Pueden llegar a temperaturas mínimas de hasta -5°C y máximas hasta 40 y 42°C. La precipitación anual varía de 500 a 805 mm de los cuales el 80 % ocurre en los meses de mayo a

octubre y aproximadamente el 50 % de la precipitación en esta región es de tormentas de tipo convectivo. (SPP-INEGI, 1986; Navar, 1986).

6.2.2 Suelo

El suelo se caracteriza por ser de tipo vertisol de origen aluvio-coluvial, profundos (Horizonte A de 30 a 100 cm), de textura archillo limosa y de color oscuro, presenta un alto contenido de materia orgánica en el horizonte superior y disminuye con la profundidad. El pH de este tipo de suelo es moderadamente alcalino. El contenido de nutrientes en algunos lugares, presenta deficiencias de N y P y en otros, alto contenido de carbonato de calcio. (Heiseke y Foreughbakhch, 1985).

6.2.3 Vegetación

La vegetación más común de la Planicie Costera del Golfo de Norte, es considerada como matorral espinoso tamaulipeco o matorral alto espinoso, con una diversidad de especies arbustivas, herbáceas y arbóreas; entre los géneros que se encuentran son: Acacia, Celtis, Mimosa, Cordia, Fraxinus, Pithecellobium, entre otros. Estas se encuentran generalmente asociadas entre ellas o incluso pequeñas áreas con una sola especie y/o con herbáceas de su estrato inferior. (SPP – INEGI, 1986; Alanís 1991).

6.3 Materiales y métodos

La metodología fue la misma que se efectuó en el primer experimento para la elaboración de ácidos fúlvicos y análisis de nutrientes.

6.3.1 Metodología para la plantación y aplicación de los tratamientos

En cada caja de plástico de 50 X 50 X 30 cm, se cubrió las orillas con papel permeable y se rellenó con la mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación 1:2 v/v) empleada como sustrato, se colocaron 9 bulbos de lilis del calibre 12/14, previamente impregnados en un fungicida, se les fertilizó con una solución nutritiva completa cada 3er día y cuando la planta midió entre 15 y 20 cm y al inicio del racimo floral, se les aplicó los tratamientos de: 100, 2, 4 y 6 mL⁻¹ de agua de un fulvato de calcio al 1 y 2 por ciento (La fuente de Ca, fue el nitrato de calcio Ca(NO₃)₂); al control se le aplicó una solución nutritiva completa que consistía en MgSO₄, Ca(NO₃)₂, K₂SO₄ y MAP, ver cuadro 16.

Cuadro 16 Descripción de los tratamientos aplicados en el experimento II, dónde: F Ca: Fulvatos de calcio.

No.	Repetición	I	II	III	VI	Total
	Tratamiento					
1	F Ca 1 % 100 mL ⁻¹	9	9	9	9	36
2	F Ca 1 % 2 mL ⁻¹	9	9	9	9	36
3	F Ca 1 % 4 mL ⁻¹	9	9	9	9	36
4	F Ca 1 % 6 mL ⁻¹	9	9	9	9	36
5	F Ca 2 % 2 mL ⁻¹	9	9	9	9	36
6	F Ca 2 % 4 mL ⁻¹	9	9	9	9	36
7	F Ca 2 % 6 mL ⁻¹	9	9	9	9	36
8	Testigo	9	9	9	9	36
Totales		72	72	72	72	288

6.3.2 Análisis estadísticos

Para determinar el comportamiento de diversas dosis de fulvato de calcio se hizo un histograma y así comparar la concentración de calcio en cada tratamiento.

Para escoger la dosis óptima de un fulvato de calcio, se trabajó en un análisis MANOVA para determinar las diferencias y similitudes entre las variables en cada tratamiento.

Mediante un ANOVA se analizaron los días en que el anaquel tuvo su exposición para comparar los tratamientos.

Se analizó y comparó mediante un histograma los contenidos por planta de las concentraciones de hierro, magnesio y calcio en cada tratamiento.

6.4 Resultados y discusiones

En esta sección se presentan los resultados y discusiones de cada uno de los objetivos planteados para el cultivo de *Lilium pollyanna* que se llevó a cabo en el invernadero de la Facultad de Ciencias Forestales perteneciente a la Universidad Autónoma de Nuevo León.

El cultivo realizado bajo condiciones controladas se llevó a cabo los días 25 de agosto al 2 de septiembre 2014, a mediados el verano, los bulbos plantados fueron enviados del Estado de México y su calibre era de 12/14 al momento de la plantación, la primera floración se dio en los meses de Noviembre; obteniendo un total de 117 datos del cual se desglosaron los siguientes resultados.

6.4.1 Determinación del comportamiento de diversas dosis de fulvato de calcio.

La gran concentración de calcio en los puntos de intercambio catiónico es consecuencia del tamaño del ion Ca^{2+} hidratado, bastante pequeño en relación a su carga +2. Esta circunstancia da lugar a la absorción preferente de los iones Ca^{2+} sobre, prácticamente, la totalidad de los restantes que suelen encontrarse en el suelo. Es máxima en el humus (Naylor & Overstreet, 1969), probablemente porque éste posee una capacidad de cambio muy elevada y porque algunos de sus compuestos orgánicos pueden formar quelatos con parte de los iones de Ca^{2+} . El calcio cambiante del suelo presenta una relación importante con el pH y con la disponibilidad de varios nutrientes. La cantidad de calcio y de otros cationes básicos desciende al aumentar la acidez del suelo y aumenta cuando éste deviene más alcalino (Thompson & Throe, 1988). La figura 19 muestra las concentraciones en ppm del contenido de calcio en las que se observa que el tratamiento 4 (F Ca al 1 % en 6 mL^{-1}) contiene la mayor concentración de calcio, mientras que en el experimento anterior el F Ca al 2 % 6 mL^{-1} , obtuvo la mayor concentración Figura 19.

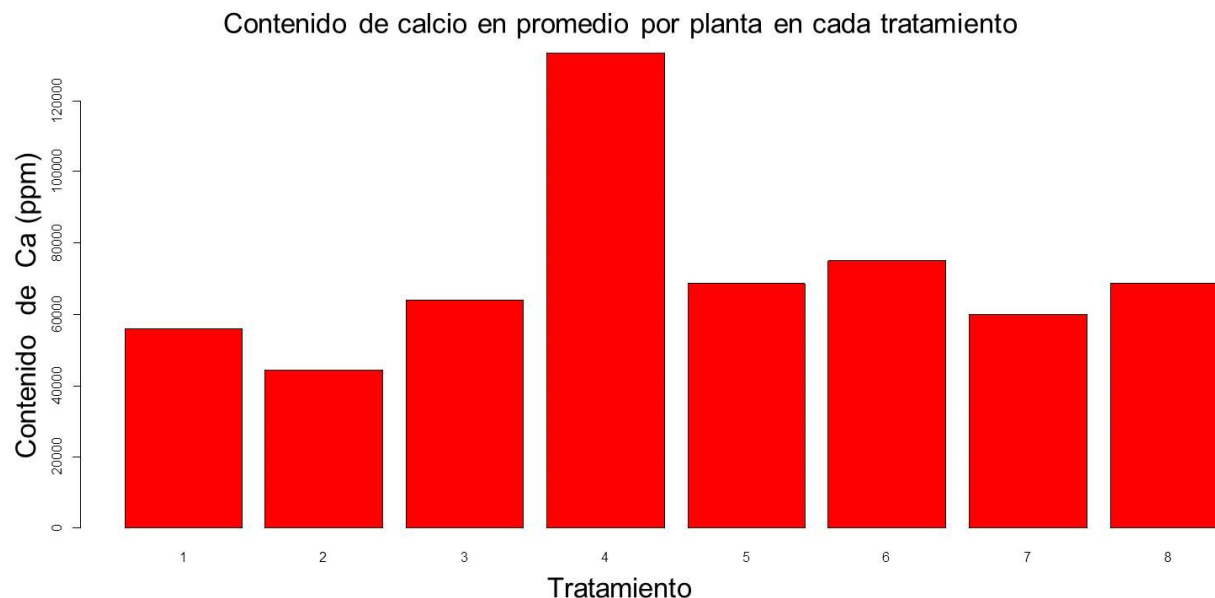


Figura 18 Comparación de calcio en cada uno de los tratamientos del experimento II.

6.4.2 Establecer la dosis óptima de un fulvato de calcio.

En un análisis de MANOVA que se elaboró entre las variables grosor del tallo, longitud del tallo, longitud del botón floral y número de botones florales, se encontraron diferencias significativas en el grosor del tallo y longitud del tallo, cuadros 17 y 18; en el grosor del tallo, la longitud del tallo y el número de botones florales dieron mayor resultado en el tratamiento 3 (F Ca 1% 4 mL⁻¹), mientras que en todas las variables el tratamiento 8 (Testigo) fue el que mostró los valores más bajos figuras 20, 21, 22 y 23; si comparamos con los resultados del 1er experimento caemos en la cuenta que el tratamiento de F Ca 1 % 4 mL⁻¹ fue el más bajo en las 4 variables y los tratamientos que destacaron fueron los tratamientos de F Ca 2 % 2 mL⁻¹ para el grosor del tallo, F Ca 2 % 6 mL⁻¹ en la longitud del tallo, F Ca 2 % 6 mL⁻¹ y F Ca 2 % 4 mL⁻¹ y F Ca 2% 6 mL⁻¹ en el número de botones florales y el testigo en la longitud de botones florales.

Cuadro 17 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al grosor del tallo en el experimento II.

Grosor del tallo					
Fuentes de variación	Gl	$\sum x^2$	$\sum \bar{x}^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	7	5.2229	0.74613	2.2012	0.04251
Residuales	81	27.4562	0.33897		

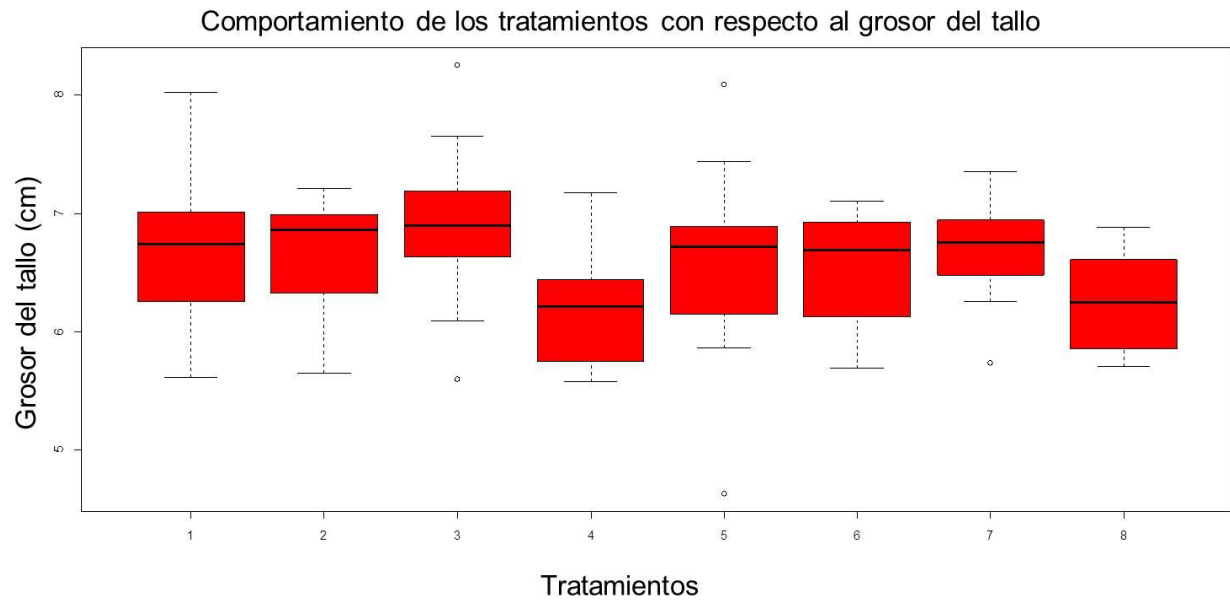


Figura 19 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto al grosor del tallo en el experimento II.

Cuadro 18 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto a la longitud del tallo del experimento II.

Longitud del tallo					
Fuentes de variación	Gl	$\sum x^2$	$\sum \bar{x}^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	7	557.48	79.640	3.0174	0.007208
Residuales	81	2137.85	26.393		

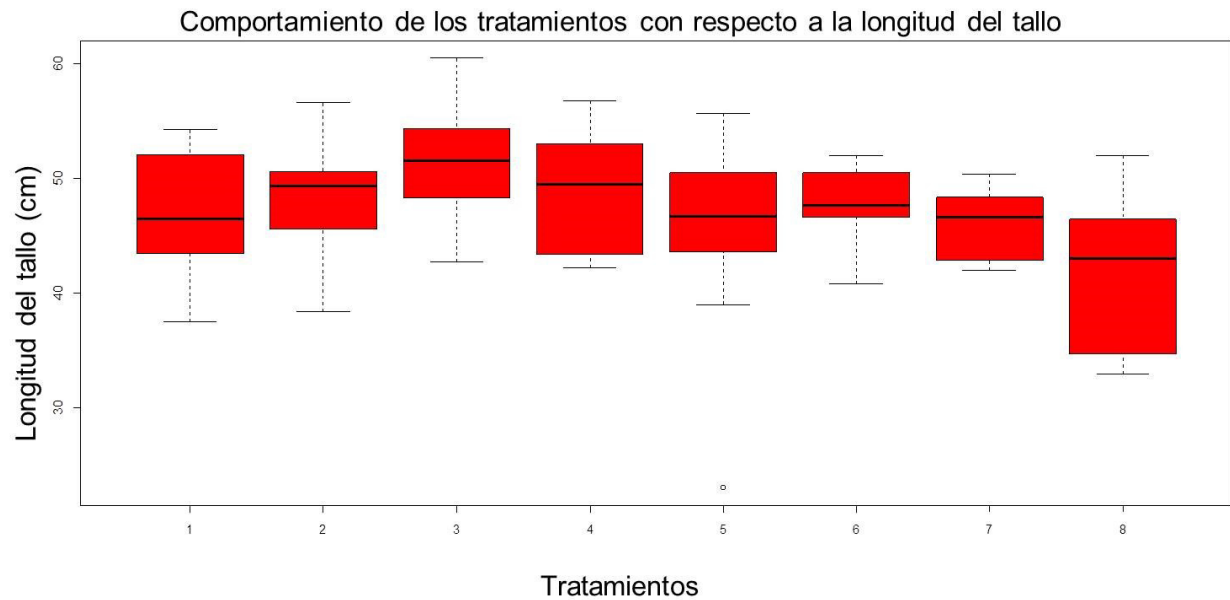


Figura 20 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a la longitud del tallo en el experimento II.

Cuadro 19 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto al número de botón floral del experimento II.

Fuentes de variación	Número de botón floral				
	GI	$\sum x^2$	$\sum x^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	7	5.233	0.74764	0.8588	0.5427
Residuales	81	70.519	0.87061		

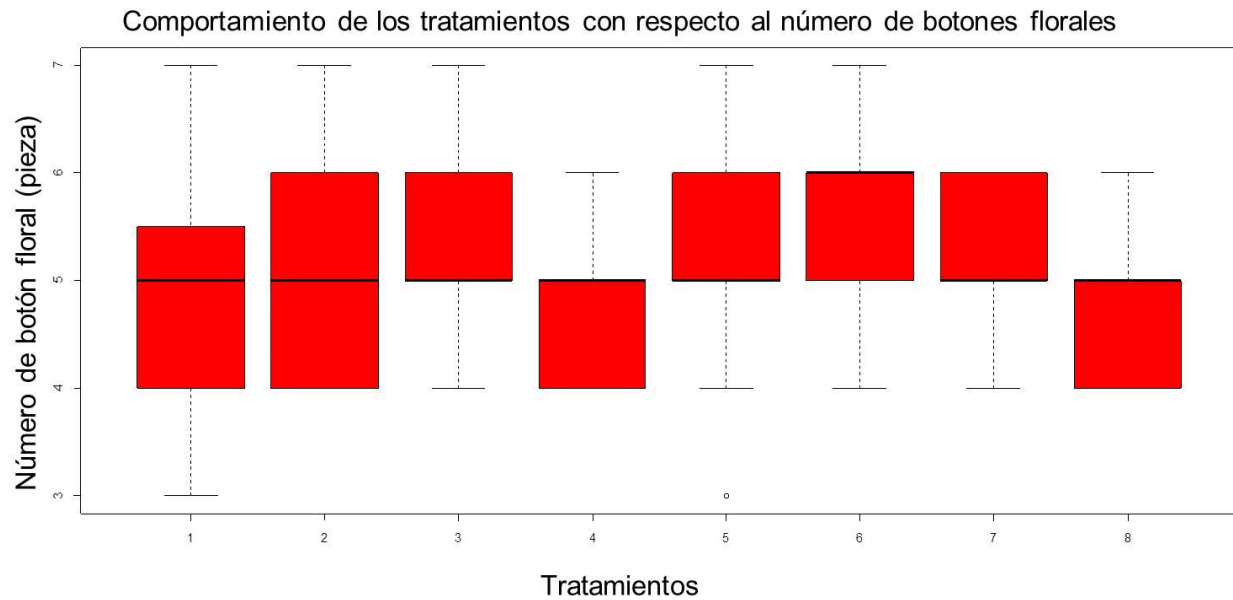


Figura 21 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto al número de botón floral en el experimento II.

Cuadro 20 Resultados del análisis MANOVA de los tratamientos con respecto a la longitud del botón floral del experimento II.

Longitud del botón floral					
Fuentes de variación	Gl	$\sum x^2$	$\sum x^2$	Valor F	Valor P
Tratamientos	7	1.1230^{-13}	1.6043^{-14}	0.4951	0.835
Residuales	81	2.6248^{-12}	3.2405^{-14}		

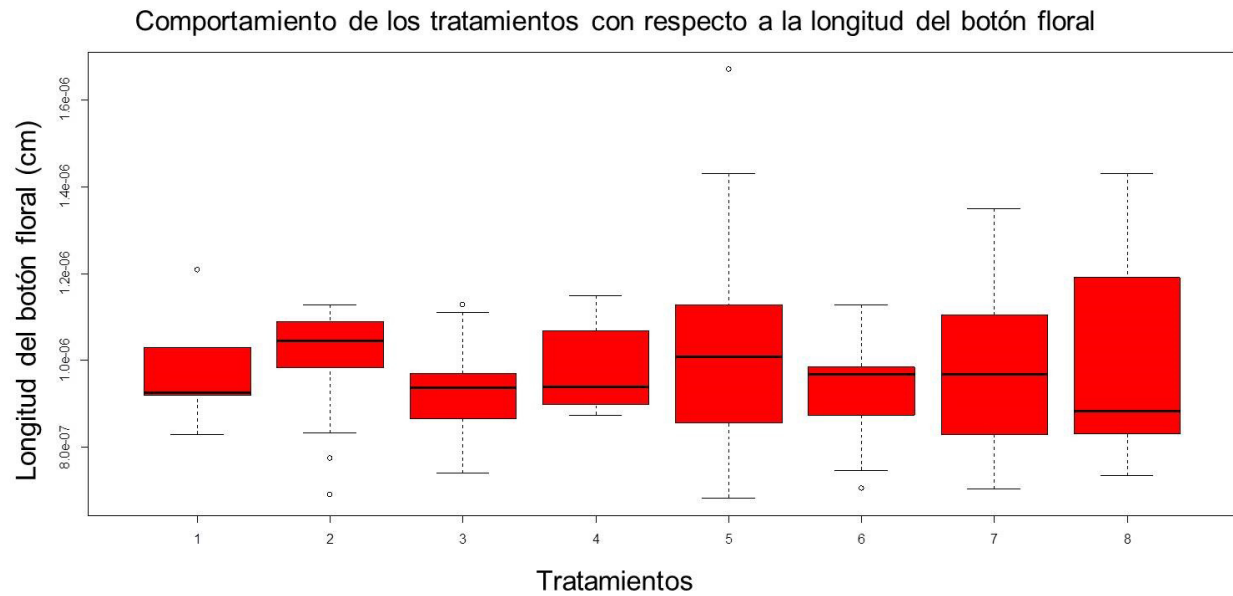


Figura 22 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a la longitud del botón floral. Datos normalizados a la $(x-50)^2$ en el experimento II.

6.4.3 La comparación de los días en anaquel de la flor al momento del corte hasta su marchitez con los diversos tratamientos.

Durante la vida en florero, es de suma importancia el consumo de almidón y exportación de azúcares del tallo y las hojas hacia las flores. En *Lilium* se ha asociado la reducción de carbohidratos en las hojas con el inicio de la senescencia (Jiao *et al.*, 1986; Ranwala *et al.*, 2000). Por ello, la tendencia, aunque no estadísticamente significativa, indicando un mayor contenido de azúcares totales en las hojas de las plantas fertilizadas con la dosis alta podría explicar, al menos en parte, el aumento en el número de días en florero conseguida con las dosis de fertilización adicionalmente, se ha indicado que la aplicación de Ca acelera hasta un 100% la velocidad con que las plantas aprovechan el N, aumentando la actividad fotosintética y con ello la producción de azúcares (Feagley & Fenn, 1999; Jiménez, 2008; Franco-Mora, *et al.*, 2016). La explicación previa sugiere que la fertilización en base a N y Ca puede favorecer una mayor vida en florero de cultivares de *Lilium*, al propiciar una mayor acumulación de carbohidratos de reserva durante el crecimiento de cultivo; los cuales estarán disponibles para las flores en el periodo post-corte (O'Donoghue *et al.*, 2002, Franco-Mora, *et al.*, 2016).

Al igual que Franco-Mora, *et. al.*, (2016) quien aplicó a un cultivar de *Lilium* 2 tipos de fertilizantes con alto contenido de calcio no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, cuadro 21; el tratamiento 1 (F Ca 1 % 100 mL⁻¹) junto con el tratamiento 8 (Testigo) fueron los que mostraron el valor más alto en la media, figura 23.

Cuadro 21 Resultados del análisis ANOVA de los tratamientos con respecto a los días de exposición del anaquel del experimento II.

Análisis de ANOVA					
Fuente de variación	Gl	$\sum x^2$	$\sum \overline{x^2}$	Valor F	Valor P
Tratamientos	7	53.3	7.617	1.001	0.435
Residuales	106	806.6	7.610		

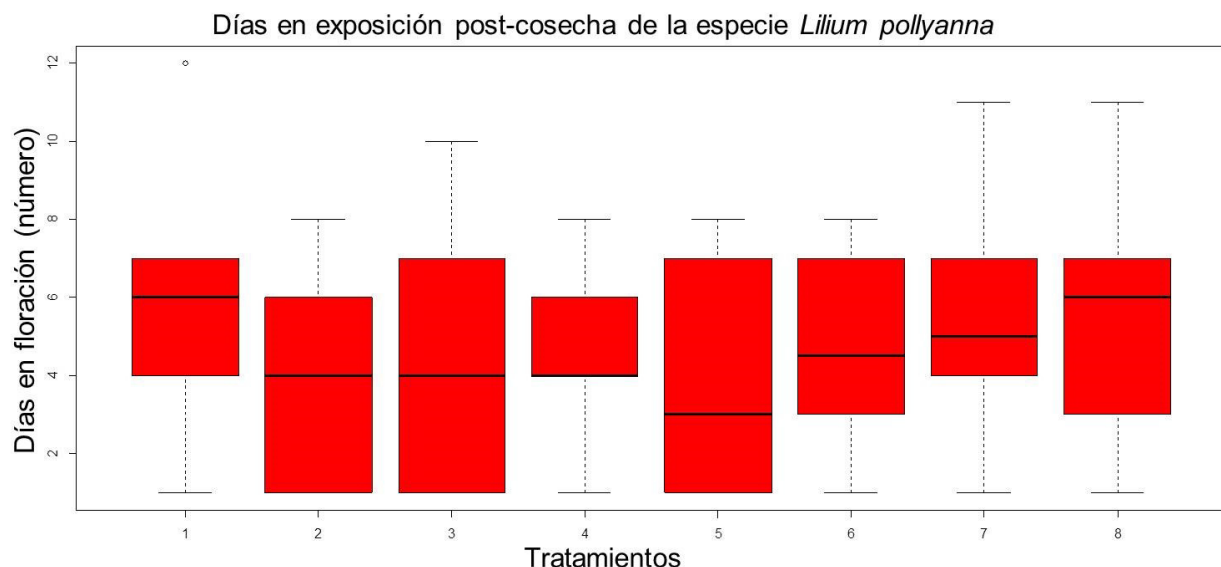


Figura 23 Diagrama de cajas de cada tratamiento con respecto a los días de exposición del anaquel en el experimento II.

6.4.4 Comparación del contenido de nutrientes en cada tratamiento.

En la figura 25 se muestran de manera proporcional los contenidos de hierro, calcio y magnesio en cada uno de los tratamientos, el tratamiento 4 (F Ca 1 % 6 mL⁻¹) que fue el que contenía mayor concentración de calcio, mostró también la menor concentración de hierro, mientras que el tratamiento 7 (F Ca 2 % 6 mL⁻¹) fue el que mostró mayor contenido de magnesio y menor concentración de calcio; a diferencia del primer

experimento en el que el F Ca 2 % 4 mL⁻¹ tuvo la mayor concentración de calcio y el testigo la menor concentración de hierro, la concentración más elevada se dio en el tratamiento de F Ca 2 % 2mL⁻¹ que fue proporcional a la concentración de calcio.

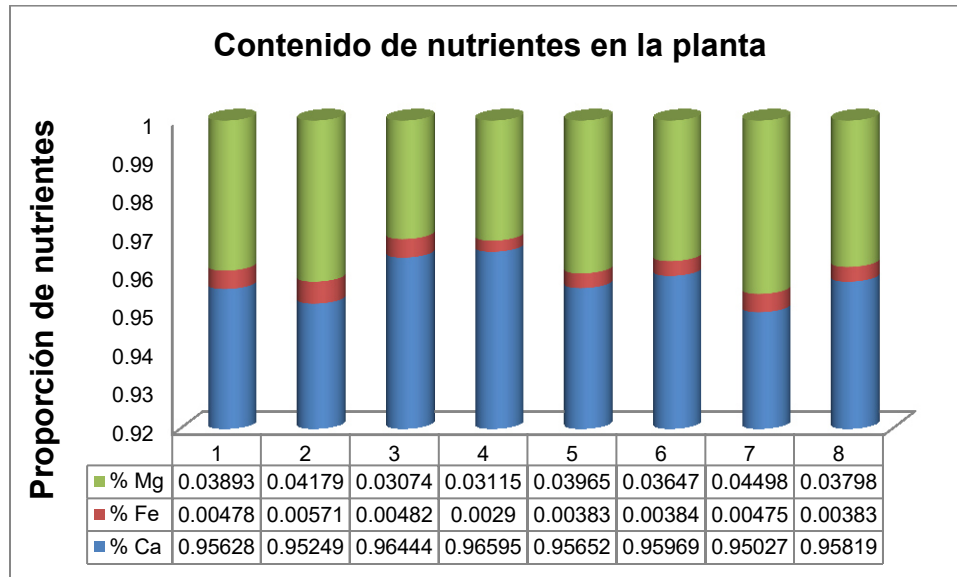


Figura 24 Contenido de nutrientes Ca, Mg y Fe en el tejido vegetal de cada uno de los tratamientos en el experimento II.

VII. CONCLUSIONES

Los efectos de los fulvatos de calcio no son proporcionales a las concentraciones aplicadas en la planta, por lo que concentraciones de fulvatos de calcio al 1% en 2 mL⁻¹ y de 2 % en 6 mL⁻¹ son las que mayor concentración de calcio tienen en la especie *Lilium nashville*.

En la especie *Lilium nashville* la dosis de 1 % en 4 mL⁻¹ de fulvatos de calcio tiene efectos positivos en el grosor del tallo mientras que las dosis de 2 % en 6 mL⁻¹ de tiene el mismo efecto positivo en la longitud del tallo.

La dosis de 1 % de 4 mL⁻¹ fue la que presentó la concentración más alta de nutrientes de la especie *Lilium nashville*, la dosis más baja fue la del testigo en los 3 nutrientes medidos (Ca, Mg y Fe).

Las mayores concentraciones de calcio en la especie *Lilium pollyanna* se encontraron en la dosis de 1% en 6 mL⁻¹.

En la especie *Lilium pollyanna*, la dosis de 1 % en 4 mL⁻¹ fue la que mostró mejor desarrollo en grosor del tallo y longitud del tallo.

Las dosis de 1 % en 4 mL⁻¹ y 2 % en 6 mL⁻¹ fueron las que tuvieron mayores concentraciones de magnesio y hierro y menores concentraciones de calcio, al contrario de la dosis de 1 % en 6 mL⁻¹ que fue la que mayores concentraciones de calcio tuvo y menores concentraciones de hierro y magnesio en la especie *Lilium pollyanna*.

En la especie *Lilium pollyanna* no se pudieron encontrar diferencias significativas en los días de exposición del anaquel después de su post-cosecha, el rango más alto de exposición fue de 12 días y las dosis con mejores resultados fue el testigo y la dosis de 1% en 100 mL⁻¹.

LITERATURA CITADA

- Abeles, F. B., Morgan, P. W., & Saltveit Jr, M. E. (2012). Ethylene in plant biology. Academic press: EUA.
- Abeles, F. B. (2013). Ethylene and plant development: An introduction. Proceedings-Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham.
- FAO. (2007). Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de FAO: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai116s/ai116s.pdf>
- Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R. L. & MacCarthy, P. (1985). An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. Wersham and P. McCarthy editorials: EUA.
- Albuzio, A., Concheri, G., Nardi, S. & Dell'Agnola, G. (1994). Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedlings grown in varied nutritional conditions. Humic substances in the global environment and implications on human health. Senesi, T.M. Miano (Eds.): Netherlands.
- Arce, G. L., & Marroquín, J. S. (1985). Las unidades fisonómico-florísticas del cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila, México. Biótica, vol. 10 (4), pp. 369-393.
- Brussaard, L. (1994). Interrelationships between biological activities, soil properties and soilmanagement. Soil resilience and sustainable land use. D.J. Greenland & I. Szabolcs, editorials: UK.
- Buffle, J. E. A. (1977). Les substances humiques et leurs interactions avec les ions minéraux. In Conference Proceedings de la Commission d'Hydrologie Appliquee de A.G.H.T.M.. l'Universite d'Orsay, pp. 3-10.
- Buol, S. W., Hole, F. D. & McCracken, R. J. (2000). Génesis y clasificación de suelos. 2da edición. Editorial Trillas: EUA.
- Bush, D. S. (1995). Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. Plant physiol. Plant Mol. Biol., vol. 46, pp. 95-122.

- Cadahía, C., Barranco, D., Fernández - Escobar, R., Rallo, L. & Irma, M. (1997). Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales. Mundi-Prensa: España.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguilar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P. & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, vol. 196, pp. 15-27.
- Cetenal, D. (1977). Cartas edafológicas. claves G-14-C-24, G-14-C-25, G-14-C-26, G-14-C-35, G-14-C-36, G-14-C-45, G-14-C-46 y G-14-C-47. Coahuila y Nuevo León, México. Escala 1: 50 000.
- Chukov, S. N., Talishkina, V. D. & Nadporozhskaya, M. A. (1996). Physiological activity of growth stimulators and of soil humic acids. *Eurasian soil science*, vol. 28 (4), pp. 30-39.
- Claassen, M. E. & Wilcox, G. E. (1974). Comparative reduction of calcium and magnesium composition of corn tissue by $\text{NH}_4\text{-N}$ and K fertilization. *Agron. J.*, vol. 66, pp. 521-522.
- Csicsor, J., Gerse, J. & Titkos, A. (1994). The biostimulant effect of different humic substance fractions on seed germination. *Humic substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science BV Amsterdam.
- Cuesta, A. (1994). Aplicación a suelos calizos de fertilizantes fosforados en combinación con ácidos húmicos. Universidad de Alicante: España.
- David, P. P., Nelson, P. V. & Sanders D. C. (1994). A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 17 (1), pp. 173-184.
- De La Riva Morales, F. (2011). Poscosecha de flores de corte y medio ambiente. *Idesia*, 29(3), 125 - 130.
- Dell'Agnola, G. & Ferrari, G. (1971). Effect of humic acids on anion uptake by excised barley roots. In *Humic et Planta*. V: 567-569.

- Encina-Domínguez, J. A., Zárate-Lupercio, A., Estrada-Castillón, E., Valdés-Reyna, J. & Villarreal-Quintanilla, J. Á. (2009). Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta botánica mexicana*, vol. (86), pp. 71-108.
- Franco-Mora, O., Torres-Miranda, E., Morales-Rosales, E. J. & Pérez-López, D. D. J. (2016). Vida en florero de *Lilium* “Brindisi” y “Menorca” fertilizados con nitrato y óxido de calcio. *Estrategias de sistemas agropecuarios: México*.
- FAOSTAT. (2012). Recuperado el 2 de Noviembre de 2013, de FAO: <http://faostat.fao.org/>
- García, E. (1988), Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, 4a ed., OFFSET Larios: México.
- Gaur, A. C. (1964). Influence of humic acid on growth and mineral nutrition in plants. *Bull. Assoc. Fr. Etude Sol.* Vol. 35, pp. 207-219.
- Ghosh, K. & Schnitzer, M. (1980). Macromolecular structures of humic substances. *Soil Science*, vol. 129 (5), pp. 266-276.
- Glass, A. D. (1975). Inhibition of phosphate uptake in barley roots by hydroxy-benzoic acids. *Phytochemistry*, vol. 14 (10), pp. 2127-2130.
- González Chavéz, G. (2013). Comportamiento de Humatos y Fulvatos de Magnesio en la Producción de Semilla de Higuierilla (*Ricinus Communis*). Saltillo: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Guminsky, S., Sulej, J. & Glabiszewski, J. (1983). Influence of sodium humate on the uptake of some ions by tomato seedlings. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, vol. 52, pp. 149-164.

- Hafidi, M., Checkouri, I., Kaemmerer, M., Revel, J. C. & Bailly, J. R. (1997). Effect of humic substances on phosphorous absorption in italian Ray-Grass. *Agrochimica XLI*, vol.1-2, pp. 42-49.
- Hatcher, P. G., Faulon, J. L., Clifford, D. A. y Mathews, P. (1994). A three-dimensional structural model for humic acids from oxidized soil. N. Senesi, T.M. Miano Editorials: Netherlands.
- Jankiewicz, L. S. & Urbanczyk de Espinoza, A. (2003). Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Grupo Mundi Prensa: México.
- Jepson, W. L. (1963). A manual of the flowering plants of California. University of California press: EUA.
- Juárez-Sanz, M., Cerdán, M., & Sánchez-Sánchez, A. (2007). Hierro en el sistema suelo-planta. *Química del Sistema Suelo Planta*.
- Juma, N. G. (1998). The pedosphere and its dynamics: a systems approach to soil science. Volume 1. Quality Color Press Inc: Canadá.
- Khan, N., Zhou, S., Ramanna, M. S., Arens, P., Herrera, J., Visser, R. G., & Van Tuyl, J. M. (2009). Potential for analytic breeding in allopolyploids: an illustration from Longiflorum× Asiatic hybrid lilies (*Lilium*). *Euphytica*, vol. 166 (3), pp. 399-409.
- Lee, Y. S. & Bartlett, R. J. (1976). Stimulation of plant growth by humic substances. *Journal of the Soil Science Society of America*, vol (40), pp. 876-879.
- Lei, J. J., Pang, L., Lin, Y. F. & Guan, J. Z. (2009). Embryo Culture of Interspecific Hybrids from *Lilium lancifolium* Thunb. *Journal of Shenyang Agricultural University*, vol. 1, p. 021.
- Lindsay, W. L. (1991). Iron oxide solubilization by organic matter and its effect on iron availability. *Iron nutrition and interactions in plants*. Springer: Netherlands.

- Linehan, D. J. (1977). A comparison of the polycarboxylic acids extracted by water from an agricultural top soil with those extracted by alkali. *European Journal of Soil Science*, vol. 28 (2), pp. 369-378.
- Lu, J., Li, J., Ju, H., Liu, X., Erb, M., Wang, X., & Lou, Y. (2014). Contrasting effects of ethylene biosynthesis on induced plant resistance against a chewing and a piercing-sucking herbivore in rice. *Molecular plant*, vol. 7 (11), pp. 1670-1682.
- Mato, M. C., Olmedo, M. G. y Méndez, J. (1972). Inhibition of indolacetic acid oxidase by soil humic acids fractionated in Sephadex. *Soil Biol Biochem*, vol. 4, pp. 469-473.
- Mylonas, V. A. & Mccants, C. B. (1980). Effects of humic and fulvic acids on growth of tobacco. *Plant and soil*, vol. 54 (3), pp. 485-490.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 34 (11), pp. 1527-1536.
- Naylor, D. V. & Overstreet, R. (1969). Sodium-calcium exchange behavior in organic soils. *Soil Science Society of America Journal*, 33(6), 848-851.
- Pettit, R. E. (2004). Pettit, R. E. (2004). Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: Their importance in soil fertility and plant health. CTI Research.
- Ramos – Ruíz, R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como producto de acción bioestimulantes. Efecto frente al estrés salino. Universidad de Alicante. España.
- Ranwala, A. P., Miller, W. B., Kirk, T. I., & Hammer, P. A. (2000). Ancymidol drenches, reversed greenhouse temperatures, postgreenhouse cold storage, and hormone sprays affect postharvest leaf chlorosis in Easter lily. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. 125 (2), pp. 248-253.

- Rauthan, B. S. & Schnitzer, M. (1981). Effects of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil*, vol. 63, pp. 491-495.
- Retta, S. F., Sidari, M., Nardi, S. & Cacco, G. (1994). Effect of the low molecular size (LMS) humic fraction on differentiation processes in leaf explants. *Humic substances in the global environment and implications on human health*. N. Senesi, T.M. Miano (Eds.): Netherlands.
- Roberts, J. A., & Tucker, G. A. (1985). *Ethylene and foliar senescence, Ethylene and plant development*. England: University of Nottingham School of Agriculture.
- Rojas, D. A., Bañuelos, H. L., Reyes, L. A. & Benavides, M. A. (2001) Influencia de la intensidad lumínica sobre la absorción de la flor en el cultivo de lillis (*Lilium* spp). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: México.
- SAGARPA. (10 de diciembre de 2008). Recuperado el 13 de octubre de 2016, de Construcción de una red de frío para el almacenamiento y distribución de material vegetativo y para el acopio y comercialización de flor de corte para exportación de los productores mexiquenses.: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/Red%20fr%C3%ADo%20floricultores%20mexiquenses.pdf
- SAGARPA. (13 de febrero de 2015). Recuperado el 13 de octubre de 2016, de Productores mexicanos preparados para abastecer demanda de flores: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B105.aspx>
- Salisbury, F. B. & Ross, C. W. (1994). *Fisiología vegetal*. 4ta edición. Grupo Editorial Iberoamérica: EUA.
- Sánchez-Andreu, J., Jordá, J. & Juárez, M. (1994). Humic substances. Incidence on crop fertility. *Acta Horticulturae*, vol. 357, pp. 303-313.
- Sánchez-Conde, M. P. & Ortega, C. B. (1968). Effect of humic acid on the development and the mineral nutrition of the pepper plant. *Control de la Fertilización de las*

- Plantas Cultivadas, Evr. Medit. Cent. Edafol. Biol. Aplic. Cuarto, Sevilla, pp. 745-755.
- Schnitzer, M. (1969). Reactions between fulvic acid, a soil humic compound and inorganic soil constituents. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 33 (1), pp. 75-81.
- Schulten, H. R. (1994). A chemical structure for humic acid. Pyrolysis - gas chromatography / mass spectrometry and pyrolysis-soft ionization mass spectrometry evidence. N. Senesi, T.M. Miano Editorials: Netherlands.
- SIAP. (2011). Recuperado el 3 de noviembre de 2013, de Gobierno de México: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=317
- Sladký, Z. (1959). The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. *Biologia Plantarum*, vol. 1 (2), pp. 142.
- Slesak, E. & Jurek, J. 1988. *Acta Univ. Wratislaviensis*, vol. 888, pp. 13-19.
- Sotomayor, O. (19 de enero de 2007). ODEPA. Recuperado el 13 de octubre de 2016, de Mercado de las flores: <http://www.odepa.cl/articulo/mercado-de-las-flores-de-corte-2/>
- Stevenson, F. J. (1994). Humus chemistry. Genesis, Composition, reactions. 2da edición, John Wiley and Sons, Inc.: EUA.
- Swift, R. S. & Posner, A. M. (1971). Gel chromatography of humic acid. *Journal of Soil Science*, vol. 22 (2), pp. 237-249.
- Tan, K. H. (2011) Principles of soil chemistry. CRC Press, Taylor & Francis Group: EUA.
- Thompson, T. M. & Troeh, F. R. (1988). Calcio, magnesio y azufre. Los suelos y su fertilidad. Reverté: EUA.

- Torres-González, J. A., Benavides-Mendoza, A., Ramírez, H., Robledo-Torres, V., González-Fuentes, J. A. & Díaz-Núñez, V. (2011). Aplicación de lodo industrial crudo en la producción de *Lilium* sp. en invernadero. *Terra Latinoamericana*, vol. 29 (4), pp. 467-476.
- Trubetskoi, O. A. & Trubetskaya, O. E. (2011). *Euroasian Soil science*, vol. 44 (3), pp. 311 – 316.
- Varanini, Z. & Pinton, R. (1995). Humic substances and plant nutrition. *Progress in Botany*, vol. 56, pp. 97-116.
- Vaughan, D. & McDonald, I. R. (1971). Effects of humic acid on protein synthesis and ion uptake in beet discs. *J. Exp. Bot.*, vol. 22, pp. 400-410.
- Vaughan, D. & McDonald, I. R. (1976). Some effects of humic acid on the cation uptake by parenchyma tissue. *Soil Biol. Biochem.*, vol. 8, pp. 415-421.
- Wandruzka, R. (2000). Humic acids: Their detergent qualities and potential uses in pollution remediation. *Geochemical transactions*, 2, 1-10.
- Weber, A. (2010). Aplicación de para la fermentación de productos al ultravacío de oxígeno para la coservación de manzanas “Royal Gala”. Tesis de maestría. Universidad Federal de Santa María. Brasil.
- Zhang, H., Wen, C., Tao, W. & Wu, W. (2010). Efectos del nitrato, fosfato, silicato y catecol en la absorción de uranil en SiO₂: Un estudio comparativo. *Academia Kiadó*. Budapest, Hungría.